การใช้ระบบบึงประดิษฐ์ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียจากการเลี้ยงปลาเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

ภูมิพัฒน์ หอมอบ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

กันยายน 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

การใช้ระบบบึงประดิษฐ์ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียจากการเลี้ยงปลาเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

ภูมิพัฒน์ หอมอบ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
กันยายน 2563
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

USING OF CONSTRUCTED WETLAND SYSTEMS IN FISHERY WASTEWATER RECLAMATION

POOMPAT HOMOB

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment

of the Requirements for the Master of Engineering Degree

in Environmental Engineering

September 2020

Copyright 2020 by University of Phayao

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

เรื่อง

การใช้ระบบบึงประดิษฐ์ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียจากการเลี้ยงปลาเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

ของ ภูมิพัฒน์ หอมอบ

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

(ดร. โสมนัส สมประเสริฐ)

..... คณบดีคณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม

(รองศาสตราจารย์ ดร. ต่อพงศ์ กรีธาชาติ)

เรื่อง: การใช้ระบบบึงประดิษฐ์ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียจากการเลี้ยงปลาเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

ผู้ศึกษาค้นคว้า: ภูมิพัฒน์ หอมอบ, การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง: วศ.ม. (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2563

อาจารย์ที่ปรึกษา: ดร. โสมนัส สมประเสริฐ

คำสำคัญ คล้าน้ำ, กกลังกา, การนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่, น้ำเสียจากการเลี้ยงปลา, บึงประดิษฐ์

บทคัดย่อ

การเพาะเลี้ยงปลามีการใช้ทรัพยากรน้ำเป็นจำนวนมาก และน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นจากบ่อเพาะเลี้ยงปลาจัดเป็นน้ำเสียที่จำเป็นต้องมีการบำบัดเนื่องจากมีการปนเปื้อนจากเศษอาหาร และสิ่งขับถ่ายของปลาอีกด้วย จึงควรมีการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่ธรรมชาติ การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาความเหมาะของชนิดระบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงปลา ตลอดจนสามารถนำกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ได้ แบบจำลองบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในการทดลองมี 4 แบบ ได้แก่ น้ำไหลเหนือผิวชั้นกรอง, น้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวราบ, น้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวดิ่ง และแบบลอยน้ำ แบบจำลองระบบบึงประดิษฐ์ที่ใช้ทดลองของแต่ละระบบมีขนาดขนาดกว้าง 0.5 เมตร ยาว 0.7 เมตร ลึก 0.4 เมตร ปลูกด้วยต้นคล้าน้ำ และกกลังกา น้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลาถูกสูบป้อนเข้าสู่แบบจำลองแบบต่อเนื่อง ผลการวิจัย พบว่าแบบจำลองบึงประดิษฐ์แบบไหลใต้ผิวชั้นกรองแบบแนวราบ และแบบแนวดิ่งนั้น มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงปลาได้ดีกว่าแบบจำลองบึงประดิษฐ์แบบไม่มีชั้นกรอง แบบจำลองระบบบึงประดิษฐ์แบบไหลใต้ผิวชั้นกรองแบบแนวราบ มีประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดี ของแข็งแขวนลอย เจลดาลห์ไนโตรเจน และออโธฟอสเฟต ของต้นคล้าน้ำมีค่าเท่ากับร้อยละ 61, 66, 75, และ53 ตามลำดับ และต้นกกลังกามีค่าเท่ากับร้อยละ 76, 73, 66. และ53 ตามลำดับ

Title: USING OF CONSTRUCTED WETLAND SYSTEMS IN FISHERY WASTEWATER RECLAMATION

Author: Poompat Homob, Independent Study: M.Eng. (Environmental Engineering), University of Phayao, 2020

Advisor: Somanat Somprasert , Ph.D.

Keyword Constructed wetland, Thalia dealbata J.Fraser, Fishery Wastewater, Wastewater Reclamation, Cyperus alternifolius.

ABSTRACT

Fishery culture consumes a lot of water resource. The fishery wastewater contaminated with fish food waste and fish excreta which was needed to treat before releasing into nature. This study was aimed to find the suitability constructed wetland system that could help improved the water quality to meet the requirement of water reclamation in fishery culture. Four types of constructed wetland models with are free water surface flow, horizontal subsurface flow, vertical subsurface flow and floating constructed wetland were used in this study. Each reactor model was 0.5 m wide, 0.7 m long and 0.4 m depth planted with *Thalia dealbata J.Fraser.* and *Cyperus alternifolius.* The wastewater from the fish pond was pumped into the model reactor continuously. The result showed that both types of subsurface flow constructed wetland system give higher treatment efficiencies than the systems without media. The horizontal subsurface flow system could remove COD, SS, TKN and ortho-P 61, 66, 75 and 53 %, respectively with *Thalia dealbata J.Fraser.* and 76, 73, 66 and 53 %, respectively with *Cyperus alternifolius.*

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.โสมนัส สมประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สุปรีดา หอมกลิ่น กรรมการการสอบศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเอง รองศาสตราจารย์ ดร.ต่อพงศ์ กรีธาชาติ คณบดีวิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม และ ดร.ศตวรรษ ทนารักษ์ อาจารย์ประจำคณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม ที่กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางให้คำแนะนำในการทำวิจัย ขอขอบคุณ นายวีระวัฒน์ เมืองคำ นักวิทยาศาสตร์ คณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำการการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ ห้องปฏิบัติการคณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และเครื่องมืออุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ในการทำวิจัยในครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ภูมิพัฒน์ หอมอบ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

ของเขตของการวิจัย 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

ลักษณะของน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลา 4

ระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 12

ระบบบึงประดิษฐ์ 12

องค์ประกอบของบึงประดิษฐ์ 13

ชนิดของระบบบึงประดิษฐ์ 14

เกณฑ์การออกแบบบึงประดิษฐ์ 15

พืชที่ปลูกในบึงประดิษฐ์ 16

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 21

สถานที่ทำการศึกษาวิจัย 21
คุณสมบัติของน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลาก่อนผ่านการบำบัด 22
พืชที่ใช้ในการศึกษาวิจัย 25
วิธีการทดลอง/เก็บข้อมูล 26
การเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง 27
บทที่ 4 ผลการทดลอง 29
คุณภาพน้ำที่ออกจากระบบบึงประดิษฐ์และประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์ 29
ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี (COD) 30
ประสิทธิภาพการบำบัดเจลดาลน์ไนโตรเจน (TKN) 34
ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย (TSS) 37
บทที่ 5 บทสรุป 44
สรุปผลการทดลอง 44
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 45
บรรณานุกรม 46
ภาคผนวก 48
ประวัติผู้วิจัย 59

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ผลกรทบต่อปลา 5

ตาราง 2 อิทธิพลที่มีต่อปลา 7

ตาราง 3 ความสามารถในการละลายน้ำของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ 8

ตาราง 4 ความเข้มข้นของแอมโมเนียทั้งหมด (NH_3+NH_4^+) ที่ยอมให้มีได้ในน้ำโดยไม่เป็นอันตราย หรือผลต่อการเจริญเติบโตของปลา (NH_3 ไม่เกิน 0.025 มิลลิกรัมต่อลิตร) 9

ตาราง 5 สรุปรายละเอียดคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์ในแต่ละพารามิเตอร์ . 10

ตาราง 6 กลไกการบำบัดของระบบบึงประดิษฐ์ 12

ตาราง 7 คุณสมบัติของน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลา 22

ตาราง 8 รายละเอียดการออกแบบชุดการทดลองแบบระบบบึงประดิษฐ์ลอยน้ำ 25

ตาราง 9 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง 28

ตาราง 10 ประสิทธิการกำจัด COD ของบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF,VF และFTW 30

ตาราง 11 ประสิทธิการกำจัด TKN ของบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF,VF และFTW 35

ตาราง 12 ประสิทธิการกำจัด TSS ของบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF,VF และFTW 38

ตาราง 13 ประสิทธิการกำจัด TP ของบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF,VF และFTW 41

ตาราง 14 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของน้ำที่เข้า – ออกจากระบบบึงประดิษฐ์ และประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย (mean±S.D.) 49

ตาราง 15 คุณภาพน้ำที่ออกจากบึงประดิษฐ์ (mean $\pm$ S.D.) 51

ตาราง 16 การวิเคราะห์ค่า COD ของระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF,VF และ FTW 52

ตาราง 17 การวิเคราะห์ค่า TKN ของระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF,VF และ FTW 54

ตาราง 18 การวิเคราะห์ค่า TSS ของระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF,VF และ FTW 55

ตาราง 19 การวิเคราะห์ค่า TP องระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF,VF และ FTW 57

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 กกลังกา 16
ภาพ 2 คล้าน้ำ 18
ภาพ 3 บ่อปลาหมู่บ้านสันทุ่งเอียง ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 21
ภาพ 4 แบบจำลองบึงประดิษฐ์ (ก) แบบไหลเหนือผิวชั้นกรอง (ข) แบบไหลใต้ผิวชั้นกรองแบบแนวราบ (ค) แบบไหลใต้ผิวชั้นกรองแบบแนวดิ่ง (ง) แบบลอยน้ำ 23
ภาพ 5 แบบจำลองบึงประดิษฐ์แบบต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่ ณ บ่อปลาหมู่บ้านสันทุ่งเอียง 24
ภาพ 6 ต้นกกลังกา 26
ภาพ 7 ต้นคล้าน้ำ 26
ภาพ 8 วิธีการทดลอง บึงประดิษฐ์แบบต่าง ๆ 27
ภาพ 9 แสดงค่า COD ในน้ำเข้าและน้ำทิ้งจากบึงประดิษฐ์แต่ละประเภท 31
ภาพ 10 การเติบโตของรากพืชในระบบ FTW 34
ภาพ 11 แสดงค่า TKN ในน้ำเข้าและน้ำทิ้งจากบึงประดิษฐ์แต่ละประเภท 35
ภาพ 12 แสดงค่า TKN ในน้ำเข้าและน้ำทิ้งจากบึงประดิษฐ์แต่ละประเภท 38
ภาพ 13 แสดงค่า TKN ในน้ำเข้าและน้ำทิ้งจากบึงประดิษฐ์แต่ละประเภท 41

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ทรัพยากรน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และกิจกรรมต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณแหล่งน้ำนั้น ๆ ในปัจจุบันทรัพยากรน้ำที่นำไปอุปโภค บริโภค มีไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงเกิดจากปัญหาต่าง ๆ อาทิเช่น ปัญหาฝนแล้ง ปัญหาคุณภาพน้ำจากธรรมชาติที่ไม่เหมาะสม และปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมจากภาคการเกษตร และภาคอุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งการนำน้ำทิ้งหมุนเวียนกลับมาใช้ประโยชน์อีกครั้งเป็นอีกหนึ่งวิธีในการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำ แต่ทว่าคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วส่วนใหญ่มีปริมาณสารอินทรีย์ลดลงในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ ตรงกันข้ามกับปริมาณสารอาหารจำพวก ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสยังคงหลงเหลืออยู่ ซึ่งแนวทางในการฟื้นฟูคุณภาพน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ควรที่จะมีความสามารถในการลดปริมาณธาตุอาหารที่หลงเหลืออยู่ได้

การเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นอาชีพหนึ่งที่ได้รับความนิยมสำหรับประเทศไทยในปัจจุบัน เนื่องจากมีภูมิอากาศ และภูมิประเทศที่เอื้ออำนวย ทำให้อาชีพนี้เป็นแหล่งสร้างรายได้ที่สำคัญของประเทศไทย โดยการสามารถพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตวน้ำทำให้มีคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้บริโภค และตลาดต่างประเทศ ซึ่งชนิดของสัตว์น้ำจืดที่ทำการเพาะเลี้ยงโดยทั่วไปส่วนใหญ่เป็นจำพวกปลา ได้แก่ ปลานิล ปลาไน ปลาสลิด ปลาดุก และปลาช่อน เป็นต้น ส่วนสัตว์น้ำจืดชนิดอื่นที่สำคัญ ได้แก่ กบ กุ้งก้ามกราม และตะพาบน้ำ เป็นต้น เมื่อปีพุทธศักราช 2556 ประเทศไทยมีพื้นที่ในการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดประมาณ 903,415 ไร่ โดยกระจายทั่วทุกภาคในประเทศ พื้นที่ที่มีการเพาะเลี้ยงมากที่สุดได้แก่ ภาคกลาง 399,623 ไร่ รองลงมาได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 298,643 ไร่ มูลค่าในการส่งออกประมาณ 227,722.05 ล้านบาท (Fisher, 2013) ซึ่งการเพาะเลี้ยงส่วนใหญ่จะเป็นการเพาะเลี้ยงในระบบบ่อ แต่เกิดปัญหาที่สำคัญ คือ ปัญหาคุณภาพน้ำที่เกิดจากการเพาะเลี้ยง เนื่องจากระบบการเพาะเลี้ยงที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ยังไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมภายในระบบได้ ทำ ให้ ระบบนิเวศในบ่อเสื่อมโทรม การเติบโตช้า และอาจมีการติดโรคได้ง่าย เกษตรกรมักแก้ปัญหาโดยจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำออกจากบ่อปลา เพื่อให้มีสภาวะเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของปลา โดยควรมีสารอินทรีย์ และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนไม่สูงเกินไป แต่ไม่มีการบำบัดให้ได้ค่ามาตรฐานก่อนปล่อยลงแหล่งน้ำธรรมชาติ ทำให้คุณภาพที่แหล่งน้ำเสื่อมโทรมลง การ

บำบัดน้ำเพื่อให้ได้คุณภาพเหมาะสม และสำหรับนำกลับมาใช้เลี้ยงปลาอีกครั้ง จึงมีความจำเป็นต้องตอบสนองความต้องการทั้งสิ่งแวดล้อม และชุมชนโดยรอบ

การศึกษาครั้งนี้มีความสนใจในการนำระบบบึงประดิษฐ์แบบต่าง ๆ มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงปลา ที่มีความปนเปือนจากสารอินทรีย์ในอาหาร และการขับถ่ายของปลาเพื่อให้ได้คุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการหมุนเวียนกลับมาใช้ในบ่อเลี้ยงปลาอีกครั้ง โดยระบบบึงประดิษฐ์เป็นระบบที่ก่อสร้าง และดูแลได้ง่าย มีค่าการลงทุนต่ำ และกลไกการบำบัดในระบบยังสามารถกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียจากการเลี้ยงปลาได้เป็นอย่างดี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาความเหมาะสมของชนิดระบบบึงประดิษฐ์ ในการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงปลา เพื่อให้สามารถนำกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ได้

2. ศึกษาชนิดของพืชที่เหมาะสมสำหรับการปลูกในระบบบึงประดิษฐ์ สำหรับบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงปลา

ของเขตของการวิจัย

1. ศึกษาคุณภาพน้ำที่บำบัดโดยระบบบึงประดิษฐ์ระดับห้องปฏิบัติการ แบบการไหลเหนือผิวชั้นกรอง (Free-water surface constructed wetland system) บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวราบ (Horizontal subsurface flow constructed wetland) บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวดิ่ง (Vertical subsurface flow constructed wetland) และบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำ (Floating constructed wetland)

2. พืชที่ใช้ในระบบบึงประดิษฐ์ คือ กกลังกา *(Cyperus alternifolius.)* และคล้าน้ำ (*Thalia dealbata J.Fraser.)*

3. น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียจากการเลี้ยงปลา

4. ประสิทธิภาพน้ำหลังการบำบัดพิจารณาจากความเข้มข้นของ Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solids (TSS), Total kjeldahl Nitrogen (TKN) และ Other-Phosphorus (TP)

5. ระยะเวลาในการทำงานวิจัย 6 เดือน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. สามารถเป็นแนวทางการเลือกใช้ระบบบึงประดิษฐ์ให้เหมาะสมกับคุณภาพน้ำที่ต้องการนำกลับมาใช้เลี้ยงปลาอีกครั้ง

2. สามารถเป็นแนวทางในการเลือกใช้พืชที่เหมาะสมกับระบบบึงประดิษฐ์ในการบำบัดคุณภาพน้ำจากการเลี้ยงปลา

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การใช้ระบบบึงประดิษฐ์ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียจากการเลี้ยงปลาเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ มีรายละเอียด หลักการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

ลักษณะของน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลา

ลักษณะของน้ำที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลา มีองค์ประกอบดังนี้

1. อุณหภูมิ

อุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญทั้งทางตรง และทางอ้อม (Lawson, 1995) ซึ่งมีผลต่อการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต และการสืบพันธุ์ เนื่องจากปลาเป็นสัตว์เลือดเย็นไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิร่างกายให้คงที่ได้ ทำให้ปลาทนต่อสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลัน ได้น้อยกว่าสัตว์เลือดอุ่น ดังนั้นสัตว์น้ำจึงอาจเกิดอาการขาดออกซิเจน และตายได้ เรียกว่า Thermal death (Suphaporn, 1995) อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงปลาอยู่ในช่วง 25–32 ^{o}ซ

2. ความขุ่น

ความขุ่นของน้ำเกิดจากการที่ในน้ำมีสารแขวนลอยอยู่ในน้ำ เช่น ทราย ดิน จุลชีพขนาดเล็ก สารอินทรีย์ขนาดเล็ก เป็นต้น ซึ่งความขุ่นทำให้การยอมให้แสงส่องผ่านลดลง ซึ่งมีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์แสงของแพลงค์ตอนพืช และทำให้การแลกเปลี่ยนออกซิเจนมีประสิทธิภาพลดลง ค่าความขุ่นที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงปลาอยู่ระหว่าง 5–10 NTU (Tantunwate, 2001)

3. ความโปร่งใสของน้ำ

ความโปร่งใสของน้ำสามารถวัดการส่องผ่านของแสงในการทะลุผ่านลงไปในน้ำได้ ความโปร่งใสที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 30–60 เซนติเมตร ถ้าค่าความโปร่งใสต่ำกว่า 30 เซนติเมตร แสดงว่าน้ำมีความขุ่น แต่ถ้ามีค่าความโปร่งใสมากกว่า 60 เซนติเมตร แสดงว่าน้ำนั้นไม่มีความอุดมสมบูรณ์ ไม่เหมาะต่อการเลี้ยงปลา (Primpon, 1990)

4. ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ

ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ หรือเรียกกันว่า พีเอช บอกถึงความเข้มข้นของ H^+ ซึ่งระดับความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าอยู่ระหว่าง 0-14 ซึ่งน้ำธรรมชาติโดยทั่วไปมีค่า พีเอช อยู่ระหว่าง 6-9 สำหรับในบ่อเลี้ยงปลาค่า พีเอช ของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้นค่า พีเอช ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาในรอบวัน ควรมีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 2 หน่วย และค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลา ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 ผลกรทบต่อปลา

ระดับของ พีเอช	ผลกระทบต่อปลา
ต่ำกว่า 4	ตาย
4 – 5	ไม่สืบพันธุ์
4 – 6	เติบโตช้า
6.5 – 9	เติบโตได้ดี
9 – 11	เติบโตช้า
9.5 – 11	ไม่สืบพันธุ์
สูงกว่า 11	ตาย

ที่มา: Tantunwate and Pornprapa, 2001

5. สารอาหารต่าง ๆ ในน้ำ

น้ำในบ่อเลี้ยงปลามีสารอาหารต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก ซึ่งสารอาหารที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

5.1 ไนโตรเจน

ไนโตรเจนละลายน้ำมีผลต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ เมื่อปลาอาศัยอยู่ในน้ำที่มีปริมาณไนโตรเจนละลายน้ำสูงเกินจุดอิ่มตัว จะทำให้เกิดการปรับสมดุลโดยการดูดซับไนโตรเจนละลายน้ำเข้าสู่กระแสเลือดให้เท่าไนโตรเจนละลายน้ำในแหล่งน้ำ ถ้าหากไนโตรเจนละลายน้ำเข้าสู่กระแสเลือดมากเกินไป ทำให้เลือดที่มีไนโตรเจนบางส่วนกลายเป็นฟองก๊าซ ซึ่งเกิดสภาวะอุดตันภายในหลอดเลือด และการหมุนเวียนเลือดเกิดติดขัด ทำให้ปลาตายได้ (Tantunwate and Pornprapa, 2001) การเลี้ยงสัตว์น้ำไม่ควรมีแอมโมเนียในรูปแบบนี้มากเกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

5.2 ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสที่มีในน้ำธรรมชาติจะมีปริมาณไม่สูงมาก แต่เนื่องจากเป็นสารอาหารที่กำหนดปริมาณผลผลิตของสัตว์น้ำที่ทำการเพาะเลี้ยงในบ่อได้ หากขาดแคลนฟอสฟอรัสมีผลทำให้ผลผลิตต่ำ (Tantunwate and Pornprapa, 2001) ฟอสฟอรัสอาจพบในรูปของอนุภาคแขวนลอยในบ่อเลี้ยงปลา ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้มีทั้งสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ สารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้มักเกิดจากการเน่าเปื่อยของพืช หรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ส่วนสารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำมักเป็นออร์โธฟอสเฟต อนุภาคแขวนลอยที่มีฟอสฟอรัส ได้แก่ แพลงค์ตอนต่าง ๆ แบคทีเรียสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ฟอสเฟตที่อยู่ในรูปของสารละลาย หรือตะกอนแขวนลอยให้ กลายเป็นออร์โธฟอสเฟตได้ ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำของบ่อเลี้ยงปลา ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.10–0.50 mg/l (วัดในรูปของฟอสฟอรัส) ถ้าน้ำในบ่อเป็นน้ำกระด้างที่มีแคลเซียมมาก และมีค่า pH สูง ฟอสเฟตจะตกผลึกในรูปของแคลเซียมฟอสเฟต ทำให้มีออร์โธฟอสเฟตละลายในน้ำน้อยลง ถ้าค่า pH สูงขึ้นทำให้มีออร์โธฟอสเฟตละลายในน้ำได้น้อยลง (Tantunwate and Pornprapa, 2001)

6. ก๊าซต่าง ๆ ในน้ำ

6.1 ออกซิเจนละลายน้ำ

ออกซิเจนเป็นก๊าซสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ทั้งที่อาศัยอยู่บนพื้นดิน และในน้ำ สิ่งมีชีวิตได้รับออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของพืชที่ปล่อยออกซิเจนอิสระออกมาละลายอยู่ในน้ำ และจากการแพร่ของออกซิเจนจากบรรยากาศลงสู่พื้นน้ำ (Tantunwate and Pornprapa, 2001)

บ่อปลาที่มีออกซิเจนละลายน้ำอยู่น้อยเป็นเวลานาน ๆ อาจเป็นอันตราย ต่อปลาได้ ภายใต้สภาวะดังกล่าวปลาอาจติดเชื้อโรคจากแบคทีเรียได้ง่าย ในทางตรงกันข้ามปลาที่เลี้ยงอยู่ในน้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่สูงเกินระดับอิ่มตัวก็เป็นโรคได้ง่าย โรคที่เกิดจากน้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่มากเกินไป เรียกว่า โรคฟองอากาศในเลือด ซึ่งเกิดจากการเกิดฟองก๊าซในเลือด ในขณะที่ปลาเคลื่อนตัวตัวจากน้ำที่มีออกซิเจนสูงมายังน้ำที่มีออกซิเจนต่ำ โรคดังกล่าวทำให้ปลาตาย ในขณะที่เคลื่อนที่ไปมาอยู่ในน้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่น้อย (Chueapohhak, 1982) การศึกษาอิทธิพลของออกซิเจนละลายน้ำในบ่อเลี้ยงปลา ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 อิทธิพลที่มีต่อปลา

ออกซิเจนละลายน้ำ	อิทธิพลที่มีต่อปลา
mg/l	อาจถึงตายถ้าเกิดขึ้นเป็นเวลานาน ๆ หลายชั่วโมง ปลามีชีวิตอยู่ได้ แต่ถ้าเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องปลาจะเจริญเติบ และไม่สามารถขยายพันธุ์ได้ดี
>5 mg/l	เหมาะสมกับการเจริญเติบโต และขยายพันธุ์ได้ แต่ไม่เกินระดับที่อิ่มตัว

ที่มา: Tantunwate and Pornprapa, 2001

ปัญหาการขาดแคลนออกซิเจนในบ่อเลี้ยงปลา มักมีสาเหตุมาจากการมี ปริมาณแพลงค์ตอนมากเกินไป (Tantunwate and Tantunwate, 2004) โดยทั่วไปน้ำที่มีความโปร่งใสของน้ำระหว่าง 30–60 เซนติเมตร เป็นน้ำที่มีแพลงค์ตอนมากบ่อน้ำที่มีความทึบ 10–20 เซนติเมตร ออกซิเจนมักเหลือน้อยมากในตอนกลางคืน จนถึงขั้นปลายลอยหัวที่ผิวได้ การขาดแคลน ออกซิเจนในบ่อปลา มักเกิดขึ้นในตอนกลางคืน (Stickney, 1994) ปลาแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการทนออกซิเจนต่ำไม่เท่ากัน บางชนิด อาจมีชีวิตอยู่ในน้ำที่มี DO อยู่ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้หลายชั่วโมง แต่ปลาหลายชนิดทน DO ต่ำได้เพียง 3 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยทั่วไประดับ DO ต่ำสุดที่ปลาอยู่กับระยะเวลาสัมผัส ปลาอาจมีชีวิตอยู่ในน้ำที่มี ออกซิเจนละลายอยู่ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้หลายชั่วโมง ปลามักทนออกซิเจนละลายน้ำต่ำได้ดีในฤดูหนาว มากกว่าฤดูร้อน ดังนั้นควรมีค่า DO อย่างน้อย 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปลาจึงจะมีชีวิตอยู่ได้เป็นปกติ (Tantunwate and Pornprapa, 2001)

6.2 ก๊าซไนโตรเจนละลายน้ำ

ไนโตรเจนสามารถละลายน้ำได้ดีว่าออกซิเจน แต่จุลินทรีย์ หรือสิ่งมีชีวิตเกือบทุกชนิดก็ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนละลายน้ำ ถ้าไนโตรเจนละลายน้ำจนเกินจุดอิ่มตัว มีผลทำให้เกิดโรคฟองก๊าซในเลือดขึ้นกับปลา หรือสัตว์น้ำอื่นๆ และทำให้สัตว์น้ำตายได้ (เช่นเดียวกับออกซิเจน) แอมโมเนียในน้ำอาจอยู่ในรูปแอมโมเนียอิสระ (NH_3) หรือแอมโมเนียอิออน (NH_4^+) แอมโมเนียอิสระเป็นพิษอย่างมากต่อปลา แต่แอมโมเนียอิออนไม่เป็นพิษ สัดส่วนของ NH_3 และ NH_4^+ ในน้ำขึ้นอยู่กับ pH อุณหภูมิและปริมาณเกลือแร่ ดังแสดงในสมการ 1

$$NH_3+H_2ON \longrightarrow H_4^+ + OH^-$$
$$NH_3+H^+ \longrightarrow NH_4^+ \quad (1)$$

6.3 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีความสามารถละลายน้ำได้ดี และมีความเข้มข้นในอุณหภูมิต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง 3 หากยังมีออกซิเจนละลายน้ำอยู่มาก คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ จะไม่ส่งผลต่อปลาในบ่อน้ำ ปลาส่วนใหญ่สามารถมีชีวิตอยู่ได้หลายวันในน้ำที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ สูงถึง 60 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าออกซิเจนละลายน้ำมีไม่มาก คาร์บอนไดออกไซด์จะทำให้ปลาลดการใช้ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์มีความเข้มข้นสูงในช่วงเวลากลางคืน และมีค่าลดลงในเวลากลางวัน เนื่องจากในช่วงเวลากลางวันมีการสังเคราะห์แสงทำให้ออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้น

ตาราง 3 ความสามารถในการละลายน้ำของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ (°ซ)	CO_2 ละลายน้ำ (มก./ล.)
0	1.10
5	0.91
10	0.76
15	0.65
20	0.56
25	0.48
30	0.42

ที่มา: Tantunwate and Pornprapa, 2001

7. ความเป็นพิษต่าง ๆ ในน้ำ

7.1 พิษของแอมโมเนีย

การขับถ่ายของสัตว์น้ำเกือบทุกชนิดเป็นของเสียที่เป็นสารไนโตรเจน โดย 50% อยู่ในรูปของแอมโมเนีย แอมโมเนียสามารถเข้าสู่น้ำได้ผ่านทางปุ๋ยเคมี อาหารปลา การขับถ่ายของปลา และการเน่าเปื่อยของสารประกอบไนโตรเจน (Tantunwate and Pornprapa, 2001) การกำจัดแอมโมเนียในน้ำทำได้หลายวิธี พืช และสัตว์สามารถใช้แอมโมเนียเป็นแหล่ง

ไนโตรเจน สำหรับการดำรงชีวิต และการเจริญเติบโตถ้าน้ำมีพีเอชสูง แอมโมเนียอิสระ (ก๊าซ) ซึ่งสามารถระเหยขึ้นไปบนอากาศได้ การให้อาหารปลามากจนเกิดไป

แอมโมเนียอิสระในน้ำส่งผลให้ ปลาขับถ่ายแอมโมเนียได้ลดน้อยลง ความต้องการเลือดเพิ่มขึ้น ทำอันตรายต่อเหงือก และลดความสามารถของเลือดในการขนถ่ายออกซิเจน ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของปลาหากกำจัดแอมโมเนียอิสระไม่เกิน 0.025 มก./ล. เพื่อไม่ให้เป็นพิษต่อปลา ปริมาณของแอมโมเนียทั้งหมด (NH_3+NH_4^+) ในน้ำที่ระดับพีเอชและอุณหภูมิต่าง ๆ จะต้องไม่เกินค่า ดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 ความเข้มข้นของแอมโมเนียทั้งหมด (NH_3+NH_4^+) ที่ยอมให้มีได้ในน้ำโดยไม่เป็นอันตราย หรือผลต่อการเจริญเติบโตของปลา (NH_3 ไม่เกิน 0.025 มิลลิกรัมต่อลิตร)

อุณหภูมิ (C^o)	pH = 7	pH = 7.5	pH = 8	pH = 8.5	pH = 9	pH = 9.5
5	19.6	6.34	2	0.65	0.22	0.088
10	12.4	5.9	1.37	0.15	0.16	0.068
15	9.4	4.3	0.93	0.31	0.12	0.054
20	6.3	2	0.65	0.22	0.088	0.045
25	4.4	1.43	0.47	0.17	0.069	0.039
30	3.1	1	0.33	0.12	0.056	0.035

ที่มา: Tantunwate and Pornprapa, 2001

7.2 พิษของไนไตรท์

ไนไตรท์สามารถทำปฏิกิริยากับฮีโมโกลบิล (HEMOGLOBIN) ทำให้ได้ เมทธิโมโกลบิน (Methemogobin) ซึ่งทำให้ไม่สามารถขนถ่ายออกซิเจนได้ ปลาที่ได้รับไนไตรท์จึงมีเมทธิโมโกลบินในเลือดเพิ่มขึ้น ซึ่งเห็นได้เลือดเป็นสีน้ำตาล ปลาที่มีอาการแบบนี้ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ต่อได้ เนื่องจากไม่สามารถใช่ออกซิเจน การสะสมตัวของไนไตรท์ เชื่อว่าเกิดจากความไม่สมบูรณ์ของปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน (Tantunwate and Pornprapa, 2001) ค่าของไนไตรท์ที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควรมีค่าน้อยว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (Tantunwate and Pornprapa, 2001)

7.3 พิษของโลหะหนัก

ปัจจุบันแหล่งน้ำธรรมชาติมักจะปนเปื้อนด้วยสารชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำโดยเกิดจากการทิ้งของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม การเกษตรกรรม ที่อยู่อาศัย เป็นต้น เนื่องจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำต้องอาศัยแหล่งน้ำจากธรรมชาติ (มั่นสิน ตันฑุลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา, 2544) สารพิษเหล่านี้จึงมีผลกระทบต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยตรง สารพิษเหล่านี้มี 2 ประเภท คือ

1. โลหะหนัก เป็นสารที่ปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ เช่น ปรอท ทองแดง แคดเมียม ตะกั่ว สังกะสี และโครเมียม สารเหล่านี้ทำอันตรายต่อสัตว์น้ำในระดับความเข้มข้นต่ำ และจะสะสมอยู่ในร่างกายของสัตว์ ซึ่งสามารถถ่ายทอดมายังผู้บริโภคได้

2. สารเคมีจากภาคเกษตรกรรม โดยการใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืช สารปราบวัชพืช สารกำจัดเชื้อรา ซึ่งมีมากมายหลายชนิด บางชนิดสลายตัวเร็ว บางชนิดสลายตัวช้า

ตาราง 5 สรุปรายละเอียดคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์ในแต่ละพารามิเตอร์

ลำดับที่	พารามิเตอร์		ปริมาณ	หน่วย
1	โคลิฟอร์ม	ไม่เกิน	10	MPN/100 มล.
	แบคทีเรีย	สูงสุด	100	MPN/100 มล.
2	อินทรีย์สาร			
	COD[1]	ไม่เกิน	50	mg/l
	BOD	ต่ำสุด	10	mg/l
		สูงสุด	30	mg/l
	DO	ไม่เกิน	5	mg/l
	น้ำมัน	สูงสุด	5	mg/l
3	pH		6.5–8.5	
4	คุณสมบัติทางกายภาพความขุ่น			
		ต่ำสุด	5	NTU
		สูงสุด	10	NTU

ตาราง 5 (ต่อ)

ลำดับที่	พารามิเตอร์		ปริมาณ	หน่วย
	สี	ต่ำสุด	5	หน่วยสี
		สูงสุด	10	หน่วยสี
	สารแขวนลอย	ต่ำสุด	10	mg/l
		สูงสุด	20	mg/l
	สารลอยน้ำ	ต่ำสุด	ไม่มี	mg/l
		สูงสุด	มีได้บ้าง	mg/l
	Alkalinity[2]	10–400	mg/l	Alkalinity[2]
5	คุณสมบัติทางเคมี			
	ของแข็งทั้งหมด	ต่ำสุด	1,000	mg/l
		สูงสุด	5,000	mg/l
	คลอรีน	ต่ำสุด	1,000	mg/l
		สูงสุด	2,500	mg/l
6	คุณสมบัติทางเคมี			
	สารที่เป็นพิษ	ต่ำสุด	0.5	mg/l
		สูงสุด	10	mg/l
	phenol	ต่ำสุด	0.1	mg/l
		สูงสุด	1	mg/l
	Ammonia[3] (NH_4)		0.02–1	mg/l
	Ammonia[3] (TAN)		<1	mg/l
	Nitrite[3] (NO_2)		<0.1	mg/l
	Nitrate[3] (NO_3)		0–3	mg/l
	Total phosphorus[3]		<0.5	mg/l
7	อุณหภูมิ		16	^{o}C

ที่มา: M. Tantunwate and Pornprapa (2001) [1]C. S. Tucker and Hargreaves (2004) [2]Tucker and Robinson (1990) [3]Meade (1989)

ระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ปัจจุบันการจัดการคุณภาพน้ำเสียที่เกิดจากภาคอุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงปลา ใช้วิธีการกักเก็บน้ำไว้ในบ่อ หรือระบบผึ่ง (Oxidation pond) เนื่องจากมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย และรองรับน้ำได้คล้ายกับบึงประดิษฐ์ แต่กลไกการบำบัดน้ำเสียในระบบบ่อผึ่งมีความซับซ้อน และประสิทธิภาพต่ำกว่าบึงประดิษฐ์ เพราะบ่อผึ่งไม่มีชั้นกรอง และพืชภายในระบบ โดยระบบบ่อผึ่งอาศัยหลักการตามธรรมชาติ เช่น การย่อยสลายของของเสีย เป็นต้น

ระบบบึงประดิษฐ์

ระบบบึงประดิษฐ์ หมายถึง พื้นที่ที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อเลียนแบบพื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติ ทั้งที่ชุ่มไปด้วยน้ำผิวดิน หรือน้ำใต้ดิน เป็นระยะเวลาที่นานพอจนสามารถทำให้พื้นที่นั้นคงสภาวะการอิ่มตัวด้วยน้ำไว้ได้ (Lawson, 1995) ความลึกของน้ำในระบบบึงประดิษฐ์มีระดับที่แตกต่างกันไป และน้ำที่ไหลผ่านเข้าบริเวณที่มีพืชหนาแน่นอย่างช้า ๆ โดยพืชในระบบบึงประดิษฐ์ต้องเป็นพืชที่ทนต่อสภาพน้ำท่วม และสภาพขาดออกซิเจนของดินได้ ซึ่งมีตัวกลางได้แก่ ทราย กรวด หรือดิน เพื่อใช้เป็นตัวกรอง โดยพืชชนิดต่าง ๆ เช่น กก คล้าน้ำ และธูปฤาษี เป็นต้น ในกระบวนการทำงานต่าง ๆ ภายในระบบบึงประดิษฐ์ได้ตามความต้องการโดยอาศัยหลักการการจัดการเกี่ยวกับพืช และองค์ประกอบอื่น ๆ ของระบบ (Kaonatesuwan, 2001)

การบำบัดของเสียของระบบบึงประดิษฐ์ด้วยกระบวนการทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ กลไกสำคัญที่ใช้ในการบำบัดของเสียในระบบบึงประดิษฐ์ ดังแสดงในตาราง 6 โดยระบบบึงประดิษฐ์เป็นระบบหนึ่งที่มีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง การควบคุมการทำงาน และบำรุงรักษาระบบค่อนข้างต่ำ แล้วยังสร้างทัศนียภาพ และเป็นสถานีพักผ่อนภายในระบบบึงประดิษฐ์ (Kaonatesuwan, 2001)

ตาราง 6 กลไกการบำบัดของระบบบึงประดิษฐ์

องค์ประกอบของน้ำเสีย	กลไกการบำบัดของระบบบึงประดิษฐ์
บีโอดี	- การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์
	- การตกตะกอน
ของแข็งแขวนลอย	- การตกตะกอน
	- การกรอง

ตาราง 6 (ต่อ)

องค์ประกอบของน้ำเสีย	กลไกการบำบัดของระบบบึงประดิษฐ์
ฟอสฟอรัส	– ดูดซับโดยดิน (ปฏิกิริยาการดูดซับ – ตกตะกอนโดยอะลูมิเนียม เหล็ก แคดเมียม และแร่ธาตุต่างๆ ในดิน)
	– พืชนำไปใช้
ไนโตรเจน	– ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น และดีไนตริฟิเคชั่นโดยจุลลินทรีย์
	– พืชนำไปใช้
	– การระเหยของแอมโมเนีย
เชื้อโรค	– การตกตะกอน
	– การกรอง
	– การตายตามธรรมชาติ
	– รังสี UV

ที่มา: Kaonatesuwan, 2001

องค์ประกอบของบึงประดิษฐ์

องค์ประกอบของระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์มีดังต่อไปนี้

1. ตัวกลาง

ตัวกลางที่ใช้ในระบบบึงประดิษฐ์มักเป็นวัสดุที่มีตามธรรมชาติ คือ กรวด หิน และทราย ซึ่งสามารถหาได้ทั่วไปโดยใช้เพียงหนึ่งชนิด หรือใช้รวมกันก็ได้ โดยช่องว่างในตัวกลางจะเป็นช่องว่างของทางการไหลของน้ำในระบบบึงประดิษฐ์ ตัวกลางที่เป็นทราย หรือกรวดนิยมนำมาใช้สำหรับการบำบัดน้ำเสีย เพราะมีอนุภาคขนาดใหญ่ซึ่งจะไม่ก่อปัญหาการอุดตันขึ้นกับระบบ และพืชสามารถยึดเกาะได้ง่าย

2. พืช

หน้าที่หลักของพืชในระบบบึงประดิษฐ์ คือการลำเลียงออกซิเจน โดยผ่านทางระบบรากพืช ในระบบบึงประดิษฐ์จะเจริญเติบโตอยู่ในชั้นดิน หรือแทรกตัวเข้าไปในตัวกลางที่ระดับต่ำกว่าพื้นผิวประมาณ 50 – 150 cm โดยออกซิเจนจากบรรยากาศจะถ่ายเทเข้าสู่พืชทั้งทางใบ และลำเลียงออกซิเจนซึ่งใช้หลักการการแพร่ (Diffusion) และการไหลพาของอากาศ

(Convective) ลงไปยังระบบราก ทำให้สามารถลำเลียงออกซิเจนได้ดีกว่าการที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติเพียงอย่างเดียว

3. จุลินทรีย์

จุลินทรีย์มีหน้าที่สำคัญมากในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในการลำเลียงทั้งที่อยู่ในรูปของการละลายน้ำ และเกาะกันอยู่ในรูปของตะกอน ซึ่งสารอินทรีย์ตกตะกอนได้จะจมสู่พื้นบ่อเกิดการย่อยสลายซึมลงดิน สารที่ถูกย่อยสลายแล้วกลายเป็นปุ๋ยสำหรับพืชที่ดูดซึมไปใช้ประโยชน์ต่อไป (Kaonatesuwan, 2001) จุลินทรีย์ที่พบในระบบบึงประดิษฐ์มีมากมายหลายชนิด เช่น แบคทีเรีย รา สาหร่าย และโปรโตซัว โดยทั่วไป จุลินทรีย์จะทำหน้าที่เปลี่ยนสารปนเปื้อนในน้ำเสียเป็นอาหาร และพลังงานสำหรับการดำรงชีพของจุลินทรีย์ ซึ่งในระบบบึงประดิษฐ์มีการจัดการสภาพแวดล้อมที่เลียนแบบธรรมชาติที่เหมาะสมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดของเสียในระบบบึงประดิษฐ์

ชนิดของระบบบึงประดิษฐ์

ระบบบึงประดิษฐ์สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. ระบบบึงประดิษฐ์แบบไหลผ่านพื้นผิว (Free Water Surface Systems : FWS)

ระบบแบบนี้ประกอบด้วยร่องที่ทำจากดินเหนียว บนพื้นบ่อเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำ และประกอบด้วยดิน และวัสดุตัวกรองต่าง ๆ ที่ช่วยให้รากพืชสามารถยึดเกาะอยู่ได้ โดยน้ำที่ความลึกระดับหนึ่งจะไหลอยู่เหนือผิวดิน หรือตัวกลาง การกระจายน้ำอย่างสม่ำเสมอ ทำให้เกิดการไหลของน้ำแบบไหลตามกัน (Plug–Flow) ซึ่งช่วยทำให้ปัญหาการไหลลัดวงจรของระบบลดลงได้ ระบบนี้เหมาะสมกับน้ำเสียที่มีค่าภาระบีโอดีอยู่ในช่วง 45–60 kg/ha–d (U.S.EPA, 2000)

2. ระบบบึงประดิษฐ์แบบไหลใต้ผิวดิน (Subsurface Flow Systems : SF)

ระบบนี้ประกอบด้วยร่องยาว ที่มีตัวกลางเพื่อช่วยให้พืชสามารถยึดเกาะ และพืชเจริญเติบโตได้ ตัวกลางสามารถใช้ได้ทั้ง หิน หินบด (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10– 15 cm) กรวด และดินชนิดต่าง ๆ อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือรวมกันหลายอย่าง (Reed et al., 1988) น้ำเสียที่ผ่านด้านข้าง หรือไหลในแนวดิ่งของตัวกลางจะทำให้น้ำเสียถูกบำบัดในระหว่างสัมผัสกับผิวหน้าของตัวกลาง และส่วนรากของพืช บริเวณใต้ชั้นตัวกลางจะอิ่มตัวด้วยน้ำอยู่ตลอดเวลา ซึ่งจะทำให้เกิดสภาวะไร้อากาศขึ้น แต่พืชยังสามารถดึงออกซิเจนเข้าไปยังส่วนรากซึ่งทำให้จุลินทรีย์ชนิดไร้อากาศ สามารถเจริญเติบโตในส่วนราก และไรโซมของพืชได้บึงประดิษฐ์แบบไหลใต้ผิวดิน สามารถแบ่งได้ 2 ชนิด ตามลักษณะการไหล ดังนี้

2.1 การไหลตามแนวราบ (Horizontal subsurface flow constructed wetland)

ระบบมีลักษณะภายในบรรจุตัวกลาง เช่น หิน กรวด ทราย น้ำเสียไหลอย่างช้า ๆ ผ่านตัวกลางในแนวราบ ระหว่างที่น้ำเสียไหลผ่านตัวกลางบริเวณรอบ ๆ รากแล้วชั้นรากพืชจะสัมผัสกับจุลลินทรีย์ที่มีออกซิเจน หรือเรียกว่า aerobic zones โดยน้ำเสียจะบำบัดด้วยกระบวนการทางกายภาพและเคมี

2.2 การไหลตามแนวดิ่ง (Vertical subsurface flow constructed wetland)

ระบบมีลักษณะเช่นเดียวกับแบบการไหลในแนวราบ โดยน้ำเสียจะไหลผ่านตัวกลางในแนวดิ่ง ซึ่งการเพิ่มออกซิเจนโดยการให้น้ำแบบครั้งคราว ทำให้เกิดสภาพที่มีอากาศ และไม่มีอากาศสลับกัน ซึ่งกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั้น (nitrification) ดีไนตริฟิเคชั่น (dinitrification) และการดูดซับฟอสฟอรัสได้ดี

3. ระบบบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำ (Floating constructed wetland)

ระบบบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำถูกสร้างโดยแพลอยน้ำสำหรับการลูกพืชโดยไม่ใช่ดิน ซึ่งกระบวนการบำบัดน้ำเสียเกิดในบริเวณรากพืชที่อยู่ในน้ำ โดยทำหน้าที่กรองน้ำเสีย และช่วยเพิ่มริมาณออกซิเจนในน้ำแก่จุลลินทรีย์ที่อาศัยอยู่บริเวณรอบๆ โดยการดูดซับทางชีวภาพและสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำจะถูกกำจัดโดยจุลลินทรีย์ที่ยึดเกาะกับรากพืช

เกณฑ์การออกแบบบึงประดิษฐ์

การออกแบบระบบบึงประดิษฐ์แบบไหลผ่านพื้นผิว และแบบไหลใต้พื้นผิวจะมีปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบ (U.S.EPA, 2000) ดังต่อไปนี้

1. ระยะเวลากักเก็บ

ระยะเวลากักเก็บน้ำมีหน่วยเป็น วัน ระยะเวลากักเก็บน้ำที่ใช้กำหนดโดยตั้งสมมุติฐานว่ามีการกวนสมบูรณ์ หรือปลั๊กโฟลว์ (Plug Flow) การหาค่าระยะเวลากักเก็บน้ำที่แท้จริงทำได้ยาก เพราะการไหลในระบบจะซับซ้อน เนื่องจากมีพืชเจริญเติบโตอยู่ และพืชจะไปแทนที่ปริมาตรน้ำจำนวนหนึ่งด้วย (Karnwanitchakul, 1995) ระยะเวลากักเก็บน้ำเป็นปัจจัยสำคัญต่อประสิทธิภาพการเกิดการย่อยสลายทางชีววิทยา หรือการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Wongsatit, 2001)

2. ความลึก

ความลึกของน้ำมีความสัมพันธ์กับระบบบึงประดิษฐ์แบบไหลผ่านพื้นผิวเท่านั้น ระดับน้ำเป็นปัจจัยหลักในการเลือก และบำรุงรักษาพืชในระบบ เพราะพืชบางชนิดต้องการที่จะอยู่ในน้ำตื้นไปจนถึงระดับที่ลึกขึ้นตามแต่ชนิดของพืช (Punsamrit, 2005)

3. อัตราภาระบรรทุกชลศาสตร์

มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร ต่อตารางเมตร–วัน เป็นปริมาตรของน้ำที่เติมต่อวันต่อพื้นที่ผิวของระบบ ปกติแล้วระบบพืชน้ำส่วนใหญ่จะดำเนินแบบไหลต่อเนื่อง (Kamwanitchakul, 1995)

4. อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์

มีหน่วยเป็น กิโลกรัม/ (เฮกแตร์–วัน) เช่น ค่าบีโอดี เป็น กิโลกรัม บีโอดี/ (เฮกแตร์–วัน) เป็นมวลของสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบต่อหน่วยพื้นที่ผิวของระบบต่อหน่วยวัน ซึ่งมีความสัมพันธ์ กับอัตราการไหล และความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (Punsamrit, 2005)

5. ความลึกของตัวกลาง

มีหน่วยเป็น เมตร มีความสัมพันธ์กับความยาวของรากพืช หากความความลึกของชั้นตัวกลางมีความเหมาะสมกับความยาวของรากพืชจะส่งผลให้พืชสามารถพัฒนาระบบรากได้ดี

6. ความพรุนของดิน

มีความพันธ์กับพื้นที่ของระบบ หากตัวกลางที่เลือกใช้มีค่าความพรุนสูงประสิทธิภาพในการกำจัดจะสูงด้วย และใช้พื้นที่ในการกำจัดน้อยลง

พืชที่ปลูกในบึงประดิษฐ์

พืชที่ใช้ปลูกในระบบบึงประดิษฐ์มี 2 ชนิด ดังต่อไปนี้

1. กกลังกา

ภาพ 1 กกลังกา

ชื่อสามัญ Umbrella plant

ชื่อวิทยาศาสตร์ Cyperus involucratus (Rottb.) Kuk.

ชื่อพ้องทางวิทยาศาสตร์ Cyperus involucratus L.,Cyperus involucratus L. subsp. flabelliformis (Rottb.) kuk.

ชื่อวงศ์ OYPERACEAE

ลักษณะทางพฤษาศาสตร์

เป็นไม้ล้มลุก อายุหลายปี ลำต้นติดดินสั้นและแข็ง ลำต้นเหนือดินขึ้นเป็นกอ รูปสามเหลี่ยมมน ๆ โคนต้นเกือบกลม ลำต้นอยู่ใต้ช่อดอกสาก หุ้มด้วยกาบท่ปราศจากใบที่โคนกาบสีเขียวอ่อน ดอกแผ่เป็นช่อช้อนกัน 2 ชั้น ชั้นแรกจำนวนยาวมาก ชั้นที่ 2 แยกจากชั้นแรกอีกอันละ 4–10 แขนง ใบประดับมีเป็นจำนวนมากยาวเกือบเม่าต้น และเกือบเป็น 2 เท่าของช่อดอก แข็งแบน ช่อย่อย ๆ ติดกันเป็นกระจุกอยู่ที่ปลายช่อ ดอกชั้นที่ 2 ขอบขนานหรือรีบแบน มีดอกติดกันแน่น สีเขียวอ่อน ปลายสีน้ำตาล มี 3–5 เส้น เป็นรูปเรือเห็นได้ชัดเจน ผลรูปไข่แกมรูปรี เมื่อแก่มีสีน้ำตาล มีท่อรังไข่ติดอยู่ยาวเท่ากับผล ปลายแยกเป็นแฉกยาว 3 แฉก

1. สรรพคุณ

1.1 ต้น – ขับน้ำดีให้ตกในลำไส้

1.2 ดอก – แก้โรคในปาก

2. ประโยชน์ของกกลังกา

2.1 ใช้ในการใช้งานด้านภูมิทัศน์ จะนิยมนำต้นกกลังกามาปลูกไว้เป็นไม้ประดับตามริมสระน้ำในสวนหรือใช้ปลูกในภาชนะร่วมกับไม้น้ำอื่น ๆ

2.2 ใช้เป็นวัสดุในงานหัตถกรรมพื้นบ้าน เช่น ใช้ทองเสื่อหรือสาด สานตะกร้าการปลูกต้นกกลังกาไว้ริมขอบน้ำจะเป็นแหล่งหลบซ่อนตัวของสัตว์น้ำวัยอ่อน

2.3 ช่วยในการบำบัดน้ำเสียและช่วยปรับสมดุลทางระบบนิเวศวิทยาได้

2. คล้าน้ำ

ภาพ 2 คล้าน้ำ

ชื่อวิทยาศาสตร์: Thalia dealbata J.Fraser.

ชื่อวงศ์: Marantaceae

ชื่อสามัญ: ช่อครามน้ำ

ชื่อพื้นเมือง: พุทธรักษาน้ำ, สังฆรักษา

ขนาดความสูง: 1.5–2.0 เมตร

ฤดูดอกบาน: ตลอดปี

ลักษณะนิสัย: ขึ้นในดินเหนียวที่ชุ่มชื้น และมีอินทรีย์วัตถุสูง จนถึงน้ำลึก 25–40 เซนติเมตร

อัตราการเจริญเติบโต: เร็ว

ความชื้น: สูง

แสง: ปานกลาง

ลักษณะทั่วไป : ไม้ริมน้ำ ลำต้นเป็นเหง้าใต้ดินส่งกอใบ และดอกเจริญเหนือน้ำ

ใบ : ใบเดี่ยว เรียงเวียนสลับออกเป็นกระจุกจากโคนต้น ใบรูปรีถึงรูปไข่ กว้าง 20–25 เซนติเมตร ยาว 40–50 เซนติเมตร ปลายใบแหลม โคนใบมน ขอบใบเรียบ แผ่นใบหนา ผิวใบด้านบนสีเขียวเข้มและมี นวลปกคลุมอยู่ทุกส่วน ก้านใบกลม เรียวยาว แข็ง ส่วนที่ติดกับฐานใบมีสีแดง โคนก้านใบแผ่เป็นกาบหุ้ม ประกบกันไว้

ดอก : สีม่วงเข้ม ออกเป็นช่อแบบช่อแยกแขนงจากกอ ชูสูงขึ้น ก้านช่อดอกกลม เรียวยาวแข็ง ปลายก้านแตกเป็นแขนงย่อยหลายแขนง ช่อดอกยาว 15–20 เซนติเมตร โคนก้านช่อดอกมีใบประดับ ดอกย่อยไม่มีก้านดอก เกิดเป็นคู่เรียงกันบนแขนงย่อย มีใบประดับ 2 ใบหุ้มดอกตอนอ่อน ดอกย่อย ประกอบด้วยกลีบเลี้ยง 3 กลีบ กลีบดอก 3 กลีบ

ผล: ผลแห้งแตก ขนาดประมาณ 8 มิลลิเมตร เมล็ดสีน้ำตาล

ประโยชน์: ช่อดอกนำมาปักแจกันได้นานหลายสัปดาห์ พอดอกเหี่ยวแห้งแล้วนำมาทำดอกไม้แห้งได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำรังชีวิต ของทุกชีวิตและกิจกรรมต่าง ๆ ปัจจุบันน้ำสะอาดสำหรับการบริโภคลดน้อยลงเนื่องจากภาวะฝนแล้งของแต่ละภูมิภาคทำให้ไม่เพียงพอต่อการกักเก็บไว้บริโภคหรือปัญหาจากน้ำที่ใช้บริโภคที่ได้จากแหล่งน้ำธรรมชาติต่างไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐานและ ไม่เหมาะสมสำหรับการนำมาบริโภค สถานการณ์ปัจจุบันมีการความต้องการการใช้น้ำในอัตราที่สูงจึงทำให้เกิดน้ำเสียจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ทั้งทางด้านเกษตรกรรมและด้านอุตสาหกรรม การหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้จึงเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่จะช่วยการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในอนาคต การบำบัดน้ำเสียจึงเป็นปัจจัยแรก ๆ ที่หลาย ๆ ประเทศเห็นความสำคัญในการน้ำเพื่อกลับมาใช้บริโภคทั้งทางด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม การบำบัดน้ำเสียโดยระบบบึงประดิษฐ์จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่เป็นที่นิยมในหลายประเทศเพราะมีต้นทุนที่ต่ำในการก่อสร้างและมีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดน้ำเสีย อีกทั้งยังเป็นวิธีที่อนุรักษ์ธรรมชาติ

ภาคเกษตรและอุตสาหกรรมในปัจจุบันได้มีการนำน้ำเสียต่าง ๆ ที่เกิดจากการทำเกษตรต่าง ๆ มาบำบัดน้ำเสียและนำน้ำกลับมาหมุนเวียนใช้ประโยชน์อีกครั้ง เช่น การนำน้ำเสียจากการทำเกษตรฟาร์มสุกร โดยระบบบึงประดิษฐ์ โดยใช้พืชชนิดต่าง ๆ มาบำบัดน้ำอีกทั้งยังเป็นผลพลอยได้ของเศรษฐกิจทางการนำพืชมาใช้บำบัดและเพื่อเป็นแนวทางในการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีบึงประดิษฐ์และน้ำที่ได้จากการบำบัดก็ยังมีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ (Klomjek, 2016) ภาคอุตสาหกรรมก็ได้นำน้ำเสียจากปัจจัยต่าง ๆ ทั้งกระบวนการคัดเลือกวัตถุดิบ กระบวนการผลิตและกระบวนบรรจุภัณฑ์ เพื่อหมุนเวียนน้ำเสียที่ได้จากการบำบัดกลับมาใช้ประโยชน์ ระบบบึงประดิษฐ์ก็ได้มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายต่างประเทศได้มีงานวิจัยที่นำน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีปัญหาเรื่องน้ำเสียมากลำดับต้น ๆ เช่น โรงงานฟอกหนัง ได้มีการนำระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์โดยใช้พืชของท้องถิ่นนั้น ๆ

มาบำบัดน้ำเสีย และประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ แต่วิธีบำบัดดังกล่าวจะสามารถนำระบบแบบบึงประดิษฐ์ไปทำการบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมหรือผู้ประกอบกิจการจะต้องมีพื้นที่สำหรับการบำบัดเพียงพอในการนำระบบไปใช้ จึงทำให้ภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่มีพื้นที่ไม่เพียงพอสำหรับระบบบำบัดต้องเปลี่ยนไปใช้ระบบบำบัดแบบอื่น ๆ ที่ใช้พื้นที่จำกัดในการบำบัด (Calheiros, et,al., 2009) น้ำเสียจากชุมชนเมืองได้นำระบบบึงประดิษฐ์มาใช้อย่างแพร่หลายมากขึ้นเช่นกัน เพื่อจะบำบัดน้ำเสียต่อจากการระบบบำบัดที่ใช้อยู่แล้วเพื่อเพิ่มประสิทธิในการบำบัดเพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของชุมชนเมืองที่กำหนด ก่อนจะปล่อยน้ำเสียลงสู่ธรรมชาติ (Abou–Elela and Hellal, 2012)

Pingkul (2003) ศึกษาการกำจัดไนโตรเจนด้วยระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลใต้ผิวดินในแนวดิ่งแบบไหลขึ้นตามด้วยแบบไหลลง ซึ่งตัวกลางที่ใช้เป็นกรวดหยาบและทราย โดยบ่อที่มีน้ำไหลขึ้นปลูกต้นธูปฤาษี ส่วนบ่อที่มีน้ำไหลลงปลูกด้วยต้นกกลังกาที่อัตราภาระบรรทุกปริมาณน้ำ 5, 10, 15 และ 20 ซม./วัน โดยป้อนน้ำเสียเข้าระบบแบบต่อเนื่องและมีการหมุนเวียนน้ำกลับเข้าระบบร้อยละ 100 พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนสูงสุดที่อัตราภาระปริมาณน้ำ 5 ซม./วัน มีค่าประมาณร้อยละ 63.7 ประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีประมาณร้อยละ 74 และพบว่าเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันในบ่อที่มีน้ำไหลขึ้นเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันในบ่อที่มีน้ำไหลลง ส่วนการสะสมไนโตรเจนของบ่อที่มีน้ำไหลขึ้นซึ่งปลูกธูปฤาษีสามารถสะสมไนโตรเจนได้ร้อยละ 0.5 – 3.8 ในบ่อที่มีน้ำไหลลงซึ่งปลูกกกลังกามีการสะสมไนโตรเจนได้ร้อยละ 0.4 – 3.7 อัตราภาระบรรทุกปริมาณน้ำไม่มีผลต่อการกำจัดฟอสฟอรัสรวมและของแข็งแขวนลอย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง(Experimental Research) เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบบึงประดิษฐ์แบบการไหลเหนือผิวชั้นกรอง (Free-water surface constructed wetland system) บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวราบ(Horizontal subsurface flow constructed wetland) บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวดิ่ง(Vertical subsurface flow constructed wetland) และบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำ (Floating constructed wetland) ของพืช 2 ชนิดได้แก่ กกรังกา และคล้าน้ำ ในการบำบัดน้ำเสียจากบ่อปลาโดยมีขั้นตอนในการศึกษาดังต่อไปนี้

สถานที่ทำการศึกษาวิจัย

ทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ทั้งหมด ณ ศูนย์การเรียนรู้ระบบบำบัดน้ำเสียและห้องปฏิบัติการ วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา และจำลองชุดการทดลองติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ บริเวณบ่อปลาที่ทำการวิจัย หมู่บ้านสันทุ่งเอียง ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา

ภาพ 3 บ่อปลาหมู่บ้านสันทุ่งเอียง ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา

คุณสมบัติของน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลาก่อนผ่านการบำบัด

คุณสมบัติของน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลาก่อนผ่านการบำบัดด้วยบึงประดิษฐ์ ดังตาราง 7

ตาราง 7 คุณสมบัติของน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลา

พารามิเตอร์	ค่าที่วัดได้		
	น้ำเสีย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่ามาตรฐาน
พีเอช (25°)	6.97	0.078	6.5-9
ของแข็งแขวนลอย (mg/l)	72.3	2.56	< 25
ซีโอดี (mg/l)	41	4.78	< 50
บีโอดี (mg/l)	147.47	8.57	< 20
ออโธฟอสเฟต (mg/l)	1.075	0.002	< 0.5
เจลดาลห์ไนโตรเจน (mg/l)	16.93	0.47	< 5

ขั้นตอนการศึกษาทำวิจัย

ขั้นตอนการทำวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

การออกแบบชุดจำลองแบบบึงประดิษฐ์ลอยน้ำ

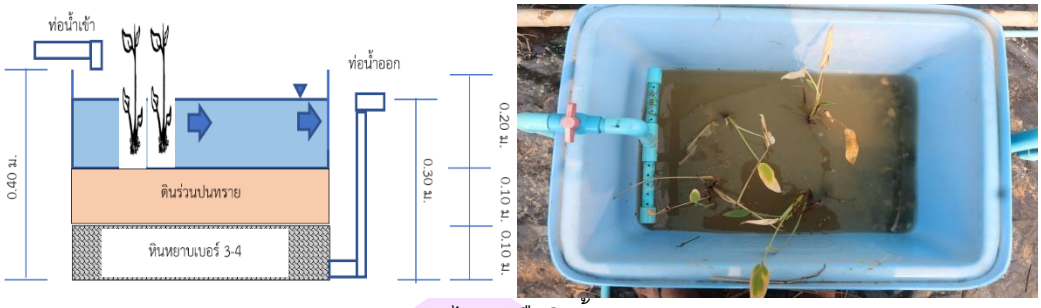
บึงประดิษฐ์แบบมีการใช้พืช 2 ชนิด คือ กกรังกา และคล้านน้ำ พืชแต่ละชนิดจะทำการทดลองชนิดละ 4 ชุดการทดลอง ซึ่งชุดการทดลองมีขนาดความกว้าง x ความยาว x สูง เท่ากับ 0.70 เมตร x 0.50 เมตร x 0.40 เมตร จำนวน 8 ชุดการทดลอง โดยมี รายละเอียดชุดการทดลองดังตาราง 8 ดังต่อไปนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ระบบบึงประดิษฐ์แบบการไหลเหนือผิวชั้นกรอง (Free-water surface constructed wetland system, FWS) โดยใช้พืชชนิด กกรังกา หรือคล้าน้ำ

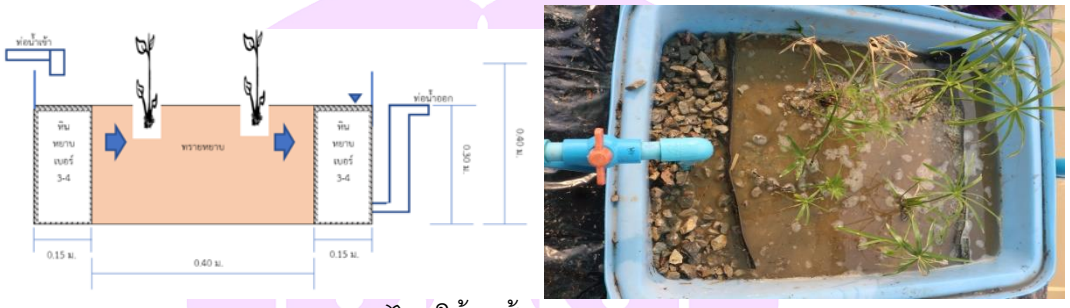
ชุดการทดลองที่ 2 ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวราบ(Horizontal subsurface flow constructed wetland, HF) โดยใช้พืชชนิด กกรังกา หรือคล้าน้ำ

ชุดการทดลองที่ 3 ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวดิ่ง(Vertical subsurface flow constructed wetland, VF) โดยใช้พืชชนิด กกรังกา หรือคล้าน้ำ

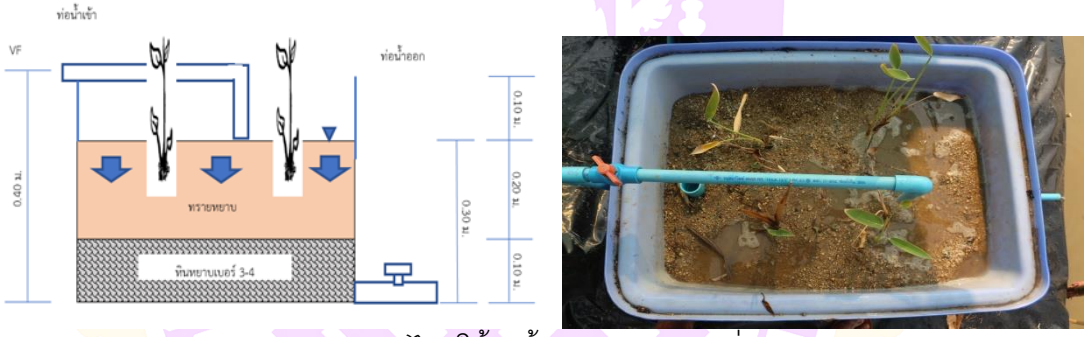
ชุดการทดลองที่ 4 ระบบบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำ (Floating constructed wetland, FW) โดยใช้พืชชนิด กกรังกา หรือคล้าน้ำดังตัวอย่างภาพ 4



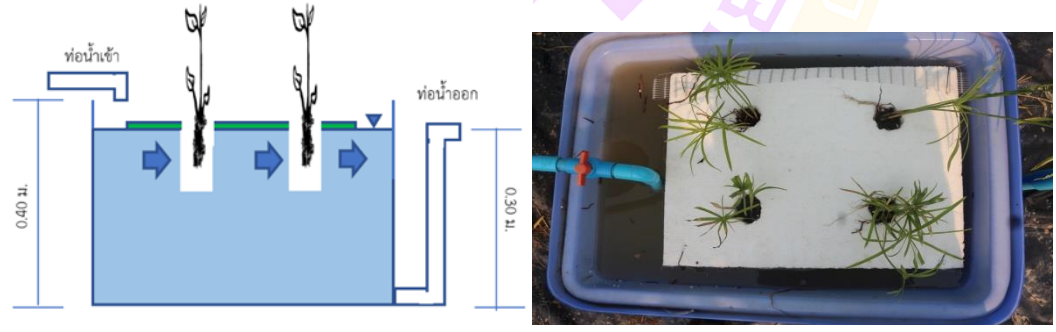
ก. แบบไหลเหนือผิวชั้นกรอง



ข. แบบไหลใต้ผิวชั้นกรองแบบแนวนอน



ค. แบบไหลใต้ผิวชั้นกรองแบบแนวดิ่ง



ง. แบบลอยน้ำ

ภาพ 4 แบบจำลองบึงประดิษฐ์ (ก) แบบไหลเหนือผิวชั้นกรอง (ข) แบบไหลใต้ผิวชั้นกรองแบบแนวราบ (ค) แบบไหลใต้ผิวชั้นกรองแบบแนวดิ่ง (ง) แบบลอยน้ำ

ภาพ 5 แบบจำลองบึงประดิษฐ์แบบต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่ ณ บ่อปลาหมู่บ้านสันทุ่งเอียง

ตาราง 8 รายละเอียดการออกแบบชุดการทดลองแบบระบบบึงประดิษฐ์ลอยน้ำ

ชนิดของพืช	พารามิเตอร์	ชุดการทดลอง กว้างxยาวxสูง (เมตร)
กกรังกา	ระบบบึงประดิษฐ์แบบการไหลเหนือผิวชั้นกรอง ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวราบ ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวดิ่ง ระบบบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำ	0.70 ม. X0.50 ม. x0.40 ม.
คล้าน้ำ	ระบบบึงประดิษฐ์แบบการไหลเหนือผิวชั้นกรอง ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวราบ ระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวดิ่ง ระบบบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำ	0.70 ม. X0.50 ม. x0.40 ม.

พืชที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

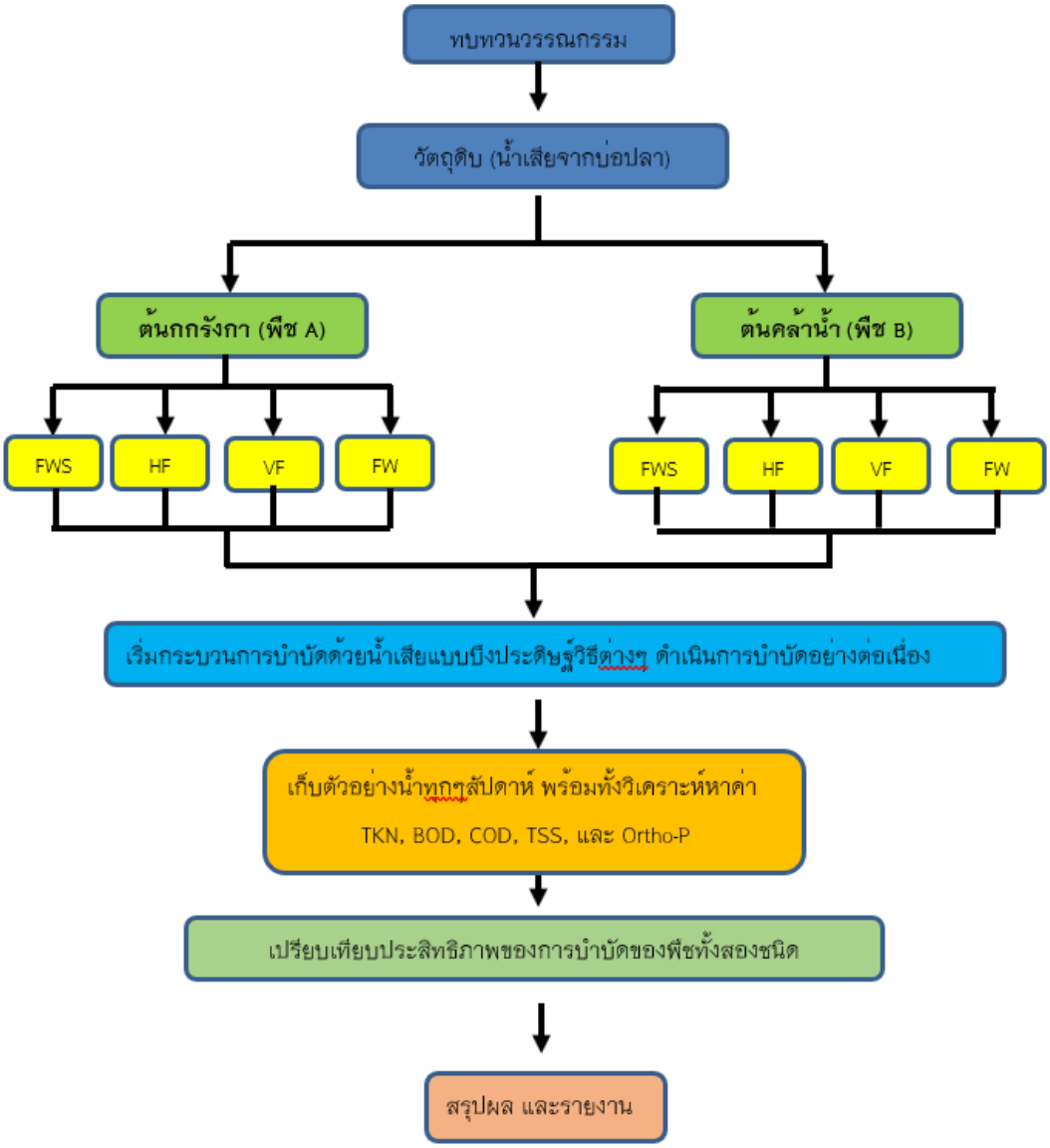
พืชที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ ต้นกกรังกา ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Cyperus alternifolius*. ดังภาพ 4 และคล้าน้ำ ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Thalia dealbata J.Fraser*. ดังภาพ 5 โดยทำการคัดพืชที่มีขนาดใกล้เคียงกัน แล้วนำไปปลูกในแบบจำลอง โดยทิ้งระยะเวลาให้พืชพักตัวในแบบจำลองก่อเริ่มการทดลองประมาณ 2–3 สัปดาห์

ภาพ 6 ต้นกกลังกา

ภาพ 7 ต้นคล้าน้ำ

วิธีการทดลอง/เก็บข้อมูล

สร้างแบบจำลองระบบบึงประดิษฐ์ทั้ง 4 แบบ (FWS, HF, VF, FW) ป้อนน้ำเสียจากการเลี้ยงปลาเข้าสู่แบบจำลองระบบบึงประดิษฐ์แบบต่าง ๆ ปลูกพืช 2 ชนิด ได้แก่ กกรังกาและธรรมรักษา เก็บน้ำตัวอย่างที่เข้าและออกจากระบบบึงประดิษฐ์ทั้ง 4 แบบจำลอง เพื่อหาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย ดังแสดงในภาพ 6



ภาพ 8 วิธีการทดลอง บึงประดิษฐ์แบบต่าง ๆ

การเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างน้ำก่อนเข้าระบบบำบัดและเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัดทางปลายท่อ เพื่อวิเคราะห์มลสารก่อน และหลังการบำบัดในบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำ พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำบัดใช้วิธีการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย American Public Health Association (APHA, 1998) ซึ่งพารามิเตอร์ที่จะทำ การวิเคราะห์ได้แก่ การวิเคราะห์ปริมาณเจดาลห์ไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN) บีโอดี (BOD) ค่าซีโอดี

(COD) ปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) และพีเอช (pH) ดังแสดงรายละเอียดในดังตาราง 9

ตาราง 9 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง

ดัชนีคุณภาพน้ำ	จุดเก็บตัวอย่าง	ความถี่ในการเก็บตัวอย่าง	วิธีวิเคราะห์
TKN	น้ำเข้าและน้ำออก	ทุก 7 วัน	Kjeldahl Method
BOD	น้ำเข้าและน้ำออก	ทุก 1 เดือน	Dilution method
COD	น้ำเข้าและน้ำออก	ทุก 7 วัน	Open reflux method
TSS	น้ำเข้าและน้ำออก	ทุก 7 วัน	Glass Fiber Filter Disc
Ortho-P	น้ำเข้าและน้ำออก	ทุก 7 วัน	Ascorbic Acid
pH	น้ำเข้าและน้ำออก	ทุก 7 วัน	pH meter

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การทดลองครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง(Experimental Research) เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบบึงประดิษฐ์แบบการไหลเหนือผิวชั้นกรอง (Free-water surface constructed wetland system) บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวราบ(Horizontal subsurface flow constructed wetland) บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวดิ่ง(Vertical subsurface flow constructed wetland) และบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำ (Floating constructed wetland) ของพืช 2 ชนิดได้แก่ กกรังกา (Cyperus alternifolius.) และคล้าน้ำ (Thalia dealbata J.Fraser.) โดยการทดลองจะค่อยๆ ปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบจากการเติมเข้าสู่ระบบประมาณร้อยละ 10 ถึง 100 เพื่อให้พืชปรับตัวกับน้ำเสียเป็นเวลา 1 เดือน ก่อนที่จะเริ่มดำเนินระบบจริง ซึ่งน้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลาจากเกษตรกรที่เลี้ยงปลาในพื้นที่ หมู่บ้านสันทุ่งเอียง ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา

การทดลองได้ทำการปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบไหลทั้งหมด 4 ระบบ โดยคิดเป็นอัตราในระบบการไหลใต้ผิวในแนวดิ่งในอัตรา 18 ลิตรต่อวัน การไหลใต้ผิวในแนวราบในอัตรา 10 ลิตรต่อวัน การไหลเหนือผิวในอัตรา 10 ลิตรต่อวัน และการไหลใต้บึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำในอัตรา 10 ลิตรต่อวัน โดยมีอัตราภาระบรรทุกชลศาสตร์ 5 เซนติเมตรต่อวัน น้ำเสียมีอุณหภูมิเฉลี่ย 26.9 องศาเซลเซียส และพีเอชเฉลี่ย 6.9 ในการทดลองนี้ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 2 เดือน ตั้งแต่เดือน กันยายน 2561 ถึง เดือนตุลาคม 2561 ซึ่งอยู่ในช่วงฝนตกชุกเป็นส่วนใหญ่ โดยทำการป้อนน้ำเสียความเข้มข้นร้อยละ 100 เข้าสู่ระบบเมื่อ 1 กันยายน 2561 และเก็บตัวอย่างน้ำเสียเพื่อมาวิเคราะห์ทุก ๆ 7 วัน ซึ่งการวิเคราะห์มีพารามิเตอร์ ดังนี้ ซีโอดี เจลดาลน์ไนโตรเจน ของแข็งแขวนลอย และออโธฟอสฟอรัส โดยแสดงผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

คุณภาพน้ำที่ออกจากระบบบึงประดิษฐ์และประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์

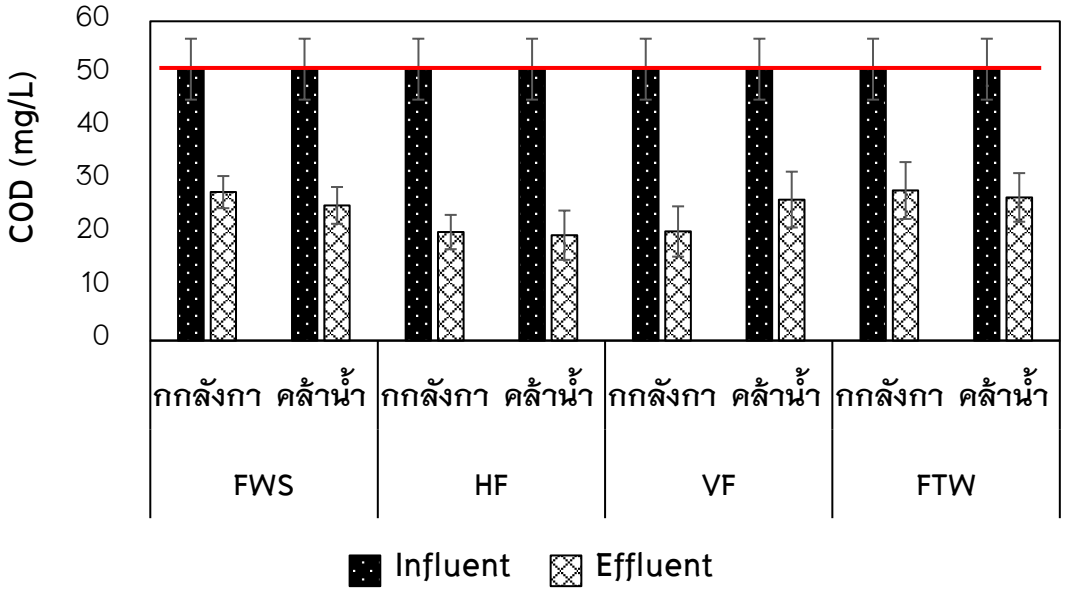
คุณภาพน้ำที่ออกจากบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF, VF และFTW อัตราภาระบรรทุกชลศาสตร์ 0.05 ตารางเมตร/ลูกบาศก์เมตร.วัน ผลการศึกษาเปรียบเทียบกับค่าคุณภาพน้ำที่ได้กับค่ามาตรฐานที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงปลา และประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์

ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี (COD)

จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำที่ออกจากระบบบึงประดิษฐ์แบบต่าง ๆ สำหรับค่า COD พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 19.8–28.2 มิลลิกรัม/ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 10 เมื่อพิจารณาค่า COD โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานในตาราง 5 พบว่าค่า COD อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการเพาะ เลี้ยงปลา ซึ่งการศึกษาของ Samudro and Mangkoedihardjo (2010) พบว่าค่า COD ที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงปลาควรมีค่าน้อยกว่า 50 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากค่า COD เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสกปรกของน้ำ ซึ่งเกิดจากเศษอาหารที่เหลือจากการกินของปลา และการขับถ่ายของปลา

ตาราง 10 ประสิทธิการกำจัด COD ของบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF,VF และFTW

ระบบ	พืช	COD		ประสิทธิภาพ (%)
		เข้า	ออก	
FWS	กกลังกา	51	27.9	45
	คล้าน้ำ	51	25.4	50
HF	กกลังกา	51	20.4	59
	คล้าน้ำ	51	19.8	61
VF	กกลังกา	51	20.5	59
	คล้าน้ำ	51	26.5	48
FTW	กกลังกา	51	28.2	44
	คล้าน้ำ	51	26.9	47



ภาพ 9 แสดงค่า COD ในน้ำเข้าและน้ำทิ้งจากบึงประดิษฐ์แต่ละประเภท

หมายเหตุ: เส้นสีแดง คือ มาตรฐานน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัด COD ของบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF, VF และFTW ซึ่งเปรียบเทียบกันที่อัตราบรรทุกภาระ 0.05 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร.วัน เท่ากับร้อยละ 45, 50, 59, 61, 59, 48, 44 และ 47 ตามลำดับ เมื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัด COD ของพืชทั้งสองในระบบบึงประดิษฐ์แบบต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองประสิทธิภาพการกำจัด COD ที่การปลูกพืชที่ต่างกันของบึงประดิษฐ์แบบต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าที่การปลูกต้นกกลังกาในระบบบึงประดิษฐ์แบบ HFและระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF มีประสิทธิภาพในการกำจัด COD สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 59 และระบบบึงประดิษฐ์แบบ FTW มีประสิทธิภาพในการกำจัด COD ต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 44 แต่การปลูกต้นคล้าน้ำเป็นระบบบึงประดิษฐ์แบบ HF ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัด COD สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 61 และระบบบึงประดิษฐ์แบบ FTW มีประสิทธิภาพในการกำจัด COD ต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 47 ดังตาราง 10

1. การกำจัด COD ในระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS

ระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS ของพืชชนิดกกสังกา มีค่า COD เท่ากับ 27.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด COD เท่ากับร้อยละ 45 และพืชชนิดคล้าน้ำมีค่า COD เท่ากับ 25.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด COD เท่ากับ 50 ซึ่งพืชทั้ง 2 จะมีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกัน กลไกในการกำจัด COD ของระบบนี้คือ พืชจะปล่อยออกซิเจนจากรากออกสู่บริเวณรอบๆลำต้นและเป็นที่ยึดเกาะสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อกำจัด COD ระบบดังกล่าวส่งผลให้ค่า COD ลดลง แต่ระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS มีค่าการในการบำบัด COD น้อยกว่าระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF และบึงประดิษฐ์แบบ HF เนื่องจากการเติบโตของพืชในระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS มีการเติบโตที่ช้ากว่ากว่าระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF และบึงประดิษฐ์แบบ HF เพราะระดับตัวกลางของแบบจำลองดังกล่าวได้แก่ ทรายหยาบและหินเบอร์ 3, 4 แต่ละชั้นมีความสูงเท่ากับ 10 เซนติเมตร การเจริญเติบโตของรากพืชจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้เต็มที่เหมือนกับระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF และบึงประดิษฐ์แบบ HF ซึ่งทั้งสองระบบมีชั้นตัวกลางที่มากกว่าจึงทำให้พืชเติบโตได้ดีกว่า ทำให้การกำจัด COD ของระบบนี้มีค่าในการกำจัด COD ที่น้อยกว่าระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF และบึงประดิษฐ์แบบ HF

2. การกำจัด COD ในระบบบึงประดิษฐ์แบบ HF

ระบบบึงประดิษฐ์แบบ HF ของพืชชนิดกกสังกา มีค่า COD เท่ากับ 20.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด COD เท่ากับร้อยละ 59 และพืชชนิดคล้าน้ำมีค่า COD เท่ากับ 19.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด COD เท่ากับ 61 ระบบบึงประดิษฐ์แบบ HF กลไกในการกำจัด COD ของระบบนี้คือ ระบบมีลักษณะในการบรรจุตัวกลางได้แก่ หินและทราย ซึ่งน้ำเสียจะไหลผ่านตัวกลางอย่างช้าๆผ่านตัวกลางในแนวราบ ระหว่างน้ำเสียไหลผ่านตัวกลางบริเวณรอบๆรากพืชจะสำผัสกับจุรินทรีย์ที่มีออกซิเจน หรือเรียกว่า aerobic zone เพื่อกำจัด COD ทำให้ผลของค่า COD ลดลง จะเห็นได้ว่าระบบบึงประดิษฐ์แบบ HF จะมีค่าประสิทธิภาพในการกำจัด COD ได้ดีเท่ากับระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF เนื่องจากการเจริญเติบโตของพืชจะเจริญเติบโตได้ดีกว่าระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWSและบึงประดิษฐ์แบบ FTW เนื่องจากมีชั้นตัวกลางที่ให้รากพืชยึดเกาะได้มากกว่าระบบอื่น ๆ จึงทำให้รากพืชเจริญเติบโตได้ดี ทำให้การกำจัด COD มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS และบึงประดิษฐ์แบบ FTW

3. การกำจัด COD ในระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF

ระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF ของพืชชนิดกกลังกา มีค่า COD เท่ากับ 20.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด COD เท่ากับร้อยละ 59 และพืชชนิดคล้าน้ำมีค่า COD เท่ากับ 26.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด COD เท่ากับ 48 กลไกระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF มีลักษณะเดียวกันกับระบบบึงประดิษฐ์แบบ HF โดยน้ำเสียจะไหลผ่านตัวกลางในแนวดิ่ง ซึ่งการเพิ่มออกซิเจนให้น้ำแบบครั้งคราว ซึ่งจะมีการเติมอากาศในระบบมาจากพืชและช่องว่างของตัวกลาง ทำให้จุรินทรีย์มีการเติบโตเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ เพื่อกำจัด COD ในระบบ จะเห็นได้ว่าพืชทั้ง 2 ชนิด มีค่าการกำจัด COD ต่างกัน ซึ่งพืชกกลังกา ในระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF สามารถกำจัด COD ได้ดีเท่าเทียบกับระบบบึงประดิษฐ์แบบ HF ซึ่งมีตัวกลางให้รากพืชยึดเกาะได้มากกว่าระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWSและบึงประดิษฐ์แบบ FTW ทำให้การกำจัด COD มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบอื่นๆ แต่พืชคล้าน้ำมีค่าประสิทธิภาพการกำจัดที่น้อยเนื่องมาจากการเติมน้ำเสียในระบบที่ไม่สม่ำเสมอทำให้พืชโตช้าทำให้การกำจัด COD ในระบบนี้มีประสิทธิภาพที่น้อยลง

4. การกำจัด COD ในระบบบึงประดิษฐ์ FTW

ระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF ของพืชชนิดกกลังกา มีค่า COD เท่ากับ 28.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด COD เท่ากับร้อยละ 44 และพืชชนิดคล้าน้ำมีค่า COD เท่ากับ 26.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด COD เท่ากับ 47 กลไกในการกำจัด COD ของระบบบึงประดิษฐ์แบบ FTW เกิดในบริเวณรากพืชที่อยู่ในน้ำจะทำหน้าที่เพิ่มออกซิเจนให้แก่จุรินทรีย์ที่อาศัยอยู่รอบ ๆ รากพืชเพื่อให้จุรินทรีย์เติบโตและย่อยสลายสารอินทรีย์ ทำให้ค่า COD ลงลง จะเห็นได้ว่าระบบบึงประดิษฐ์แบบ FTW จะมีประสิทธิภาพในการกำจัด COD ได้น้อยกว่าระบบอื่น ๆ เนื่องจากระบบดังกล่าวเป็นการปลูกพืชทั้ง 2 ชนิดแบบลอยน้ำ การเจริญเติบโตของรากพืชจะเจริญเติบโตไม่เต็มที่เหมือนระบบอื่นที่มีตัวกลางในการยึดเกาะ ทำให้รากพืชเจริญเติบโตช้ากว่าระบบอื่น ๆ จึงทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัด COD ของระบบบึงประดิษฐ์แบบ FTW มีประสิทธิภาพที่น้อยกว่าระบบอื่น ๆ

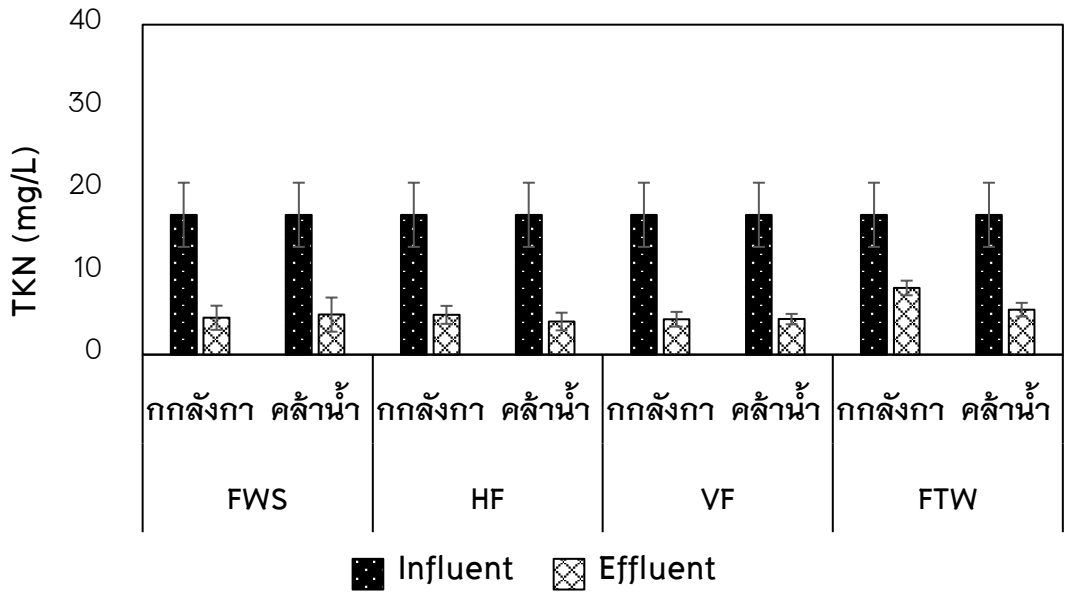
ภาพ 10 การเติบโตของรากพืชในระบบ FTW

ประสิทธิภาพการบำบัดเจลดาลน์ไนโตรเจน (TKN)

จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำที่ออกจากระบบบึงประดิษฐ์แบบต่าง ๆ สำหรับค่า TKN พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.01–8.15 มิลลิกรัม/ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 11 เมื่อพิจารณาค่า TKN โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานในตาราง 5 พบว่าค่า TKN อยู่ในเกณฑ์เกินมาตรฐานของการเพาะเลี้ยงปลา โดยกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม (2551) ได้กำหนดให้มีปริมาณ TP ที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงปลาให้มีค่าน้อยกว่า 5 มิลลิกรัม/ลิตร ก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม หากค่า TKN เกินมาตรฐานมากเกินไป อาจทำให้ปลาเกิดสภาวะอุดตันภายในเส้นเลือดและการหมุนเวียนเลือดเกิดติดขัดทำให้ปลาตายได้ ซึ่งเรียกว่าโรคของก๊าซในเลือด (Gas bubble disease)

ตาราง 11 ประสิทธิการกำจัด TKN ของบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF,VF และFTW

ระบบ	พืช	TKN		ประสิทธิภาพ (%)
		เข้า	ออก	
FWS	กกลังกา	16.95	4.47	73
	คล้าน้ำ	16.95	4.85	71
HF	กกลังกา	16.95	4.82	71
	คล้าน้ำ	16.95	4.01	76
VF	กกลังกา	16.95	4.29	74
	คล้าน้ำ	16.95	4.31	74
FTW	กกลังกา	16.95	8.08	52
	คล้าน้ำ	16.95	5.45	68



ภาพ 11 แสดงค่า TKN ในน้ำเข้าและน้ำทิ้งจากบึงประดิษฐ์แต่ละประเภท

ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัด TKN ของบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF, VF และFTW ซึ่งเปรียบเทียบกันที่อัตราบรรทุกภาระ 0.05 ตารางเมตร/ลูกบาศก์เมตร.วัน เท่ากับร้อยละ 51, 71, 67, 76, 62, 74, 52, และ68 ตามลำดับ เมื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัด TKN ของพืชทั้งสองในระบบบึงประดิษฐ์แบบต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองประสิทธิภาพการกำจัด TKN ที่การปลูกพืชที่ต่างกันของบึงประดิษฐ์แบบต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าที่การปลูกต้นกกลังกาในระบบบึงประดิษฐ์แบบ HF มีประสิทธิภาพในการกำจัด TKN สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 67 และระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS มีประสิทธิภาพในการกำจัด TKN ต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 51 เช่นเดียวกับการปลูกต้นคล้าน้ำเป็นระบบบึงประดิษฐ์แบบ HF ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัด TKN สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 76 และระบบบึงประดิษฐ์แบบ FTW มีประสิทธิภาพในการกำจัด TKN ต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 68 ดังตาราง ตาราง 11

1. การกำจัด TKN ในระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS

ระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS ของพืชชนิดกกลังกา มีค่า TKN เท่ากับ 4.47 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TKN เท่ากับร้อยละ 73 และพืชชนิดคล้าน้ำมีค่า TKN เท่ากับ 4.85 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TKN เท่ากับ 71 กลไกการกำจัด TKN สามารถกำจัด TKN ซึ่งพืชจะทำหน้าดูดซับไนโตรเจนช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้รวดเร็วทำให้ค่า TKN ลดลง จะเห็นได้ว่าพืชทั้ง 2 ชนิดของระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS มีค่าประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งพืชสามารถนำไนโตรเจนในน้ำไปใช้ได้ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัด TKN ได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับระบบอื่นๆจะมีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกัน เว้นแต่เมื่อเปรียบเทียบกับระบบบึงประดิษฐ์แบบ FTW ซึ่งเป็นการปลูกพืชแบบลอยน้ำโดยไม่มีตัวกลางทำให้ไม่เกิดปฏิกริยาไรตริฟิเคชั่น และดีไนตริฟิเคชั่น ในการบำบัดไนโตรเจนทำให้ประสิทธิภาพในระบบบึงประดิษฐ์แบบ FTW มีค่าประสิทธิภาพที่น้อยกว่าระบบอื่น ๆ

2. การกำจัด TKN ในระบบบึงประดิษฐ์แบบ HF

ระบบบึงประดิษฐ์แบบ HF ของพืชชนิดกกลังกา มีค่า TKN เท่ากับ 4.82 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TKN เท่ากับร้อยละ 71 และพืชชนิดคล้าน้ำมีค่า TKN เท่ากับ 4.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TKN เท่ากับ 76 กลไกการกำจัดสามารถกำจัด HF ซึ่งพืชทั้ง 2 ชนิด จะทำหน้าที่คล้ายกับระบบ FWS จะทำให้การกำจัด TKN ลงลง ซึ่งทั้ง 2 ระบบจะมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน พืชสามารถนำไนโตรเจนไปใช้ได้แล้ว ยังมีตัวกลางที่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาไรตริฟิเคชั่น และดีไนตริฟิเคชั่น จึงทำให้ระบบแบบบึงประดิษฐ์แบบ HF มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับระบบบำบัดบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF และ VS

3. การกำจัด TKN ในระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF

ระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF ของพืชชนิดกกสังกา มีค่า TKN เท่ากับ 4.29 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TKN เท่ากับร้อยละ 74 และพืชชนิดคล้าน้ำมีค่า TKN เท่ากับ 4.31 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TKN เท่ากับ 74 ระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF กลไกในการกำจัด TKN ของระบบดังกล่าว เป็นการจัดให้เกิดสภาพมีอากาศ และไม่มีอากาศเกิดขึ้นสลับกันเพื่อกระตุ้นให้เกิด ไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชัน จึงทำให้ค่า TKN ลดลง จึงเห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการบำบัด ของพืชทั้ง 2 ชนิดใกล้เคียงกันและในการบำบัดไนโตรเจนพืชก็สามารถนำไนโตรเจนไม่ใช้ได้รวมถึงตัวกลางที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาไรตริฟิเคชั่นและดีไนตริฟิเคชั่น เพื่อให้ประสิทธิภาพในการกำจัด TKN เพิ่มมากขึ้นมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับระบบบำบัดบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF และ VS

4. การกำจัด TKN ในระบบบึงประดิษฐ์แบบ FTW

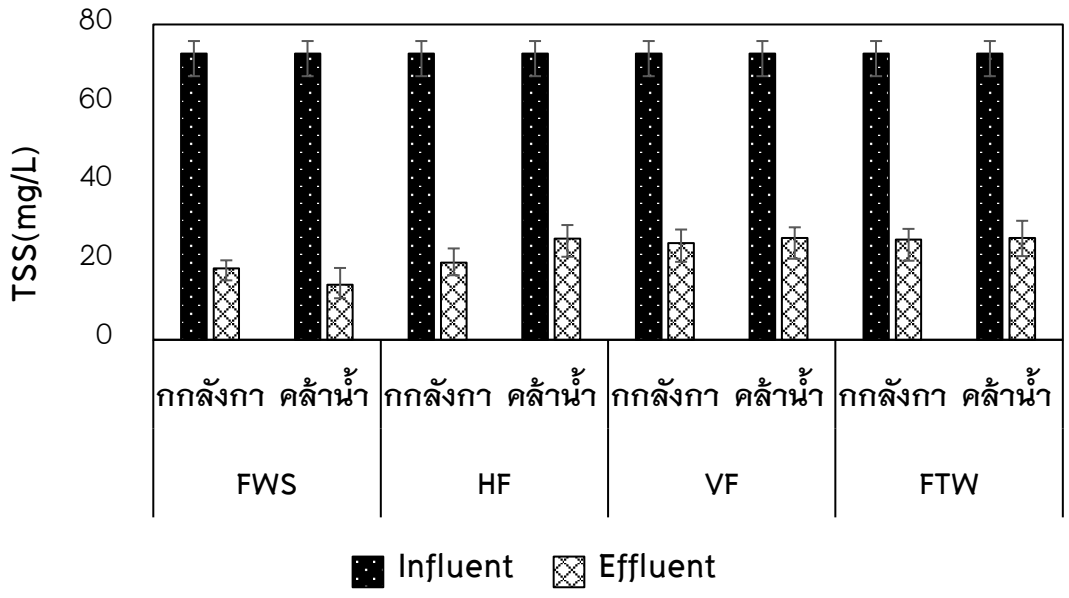
ระบบบึงประดิษฐ์แบบ FTW ของพืชชนิดกกสังกา มีค่า TKN เท่ากับ 8.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TKN เท่ากับร้อยละ 52 และพืชชนิดคล้าน้ำมีค่า TKN เท่ากับ 5.43 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TKN เท่ากับ 68 กลไกในการกำจัด TKN ของระบบดังกล่าว เป็นการที่พืชนำไนโตรเจนไปใช้งานในการเจริญเติบโต ซึ่งจะไม่มีตัวกลาง ค่าการกำจัด TKN จะน้อยกว่าระบบอื่น ๆ จะเห็นได้ว่าในระบบบึงประดิษฐ์ดังกล่าวมีแต่การเจริญเติบโตของพืชที่น้อยเนื่องจากพืชไม่มีตัวกลางในการยึดเกาะทำให้พืชเจริญเติบโตช้ากว่าทั้ง 3 ระบบเนื่องจากมีตัวกลาง ทำให้เกิดไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชันเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพที่มากขึ้น

ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอย (TSS)

จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำที่ออกจากระบบบึงประดิษฐ์แบบต่าง ๆ สำหรับค่า TSS พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 14.0–26.3 มิลลิกรัม/ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 12 เมื่อพิจารณาค่า TSS โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานในตาราง 5 พบว่าค่า TSS อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการเพาะเลี้ยงปลา โดย Swann, 1997 กล่าวว่าหาของแข็งแขวนลอยในบ่อปลามีมากเกินไปจะทำให้ไปอุดตันในเหงือกของปลา ซึ่งขัดขวางการลำเลียงออกซิเจนในหลอดเลือดของปลาและขัดขวางออกซิเจนจากอากาศลงสู่บ่อเลี้ยงปลา

ตาราง 12 ประสิทธิการกำจัด TSS ของบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF,VF และFTW

ระบบ	พืช	TSS		ประสิทธิภาพ (%)
		เข้า	ออก	
FWS	กกลังกา	72.60	18.1	75
	คล้าน้ำ	72.60	14.0	80
HF	กกลังกา	72.60	19.6	72
	คล้าน้ำ	72.60	25.7	64
VF	กกลังกา	72.60	24.5	66
	คล้าน้ำ	72.60	25.8	64
FTW	กกลังกา	72.60	25.4	64
	คล้าน้ำ	72.60	25.8	64



ภาพ 12 แสดงค่า TKN ในน้ำเข้าและน้ำทิ้งจากบึงประดิษฐ์แต่ละประเภท

ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัด TSS ของบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF, VF และ FTW ซึ่งเปรียบเทียบกันที่อัตราบรรทุกภาระ 0.05 ตารางเมตร/ลูกบาศก์เมตร.วัน เท่ากับร้อยละ 75, 80, 72, 64, 66, 63, 64, และ70 ตามลำดับ เมื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัด TSS ของพืชทั้งสองในระบบบึงประดิษฐ์แบบต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองประสิทธิภาพการกำจัด TSS ที่การปลูกพืชที่ต่างกันของบึงประดิษฐ์แบบต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าที่การปลูกต้นกกลังกาในระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS มีประสิทธิภาพในการกำจัด TSS สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 75 และระบบบึงประดิษฐ์แบบ FTW มีประสิทธิภาพในการกำจัด TSS ต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 64 เช่นเดียวกับการปลูกต้นคล้าน้ำเป็นระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัด TSS สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 80 และระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF มีประสิทธิภาพในการกำจัด TSS ต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 63 ดังตาราง 12

1. การกำจัด TSS ในระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS

ระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS ของพืชชนิดกกลังกา มีค่า TSS เท่ากับ 18.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TSS เท่ากับร้อยละ 75 และพืชชนิดคล้าน้ำมีค่า FWS เท่ากับ 14 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TKN เท่ากับร้อยละ 80 กลไกในการกำจัด TSS ระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS จะเห็นได้ว่าค่าการกำจัด TSS ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งน้ำเสียจะปล่อยไหลอยู่บนระบบดังกล่าวและจะซึมผ่านตัวกลางทำให้เกิดการกรองจึงทำให้ค่า TSS ลดลง จะเห็นได้ว่าระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS เมื่อเปรียบเทียบกับพืชทั้ง 2 ชนิด จะเห็นได้ว่ามีค่าประสิทธิ์ภาพในการกำจัด TSS ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเทียบกับระบบบึงประดิษฐ์อื่น ๆ จะมีประสิทธิภาพที่สูงกว่าแต่เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติแล้วจะมีค่าการกำจัด TSS ได้ใกล้เคียงกับระบบบึงประดิษฐ์แบบ HF และระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF ซึ่งในระบบดังกล่าวจะมีการกรองของตัวกลางเช่น ทรายและหิน จึงทำให้ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TSS ได้ดีแต่เมื่อเทียบกับระบบบึงประดิษฐ์แบบ FTW จะมีค่าประสิทธิภาพการกำจัด TSS ที่สูงกว่า

2. การกำจัด TSS ในระบบบึงประดิษฐ์แบบ HF

ระบบบึงประดิษฐ์แบบ HF ของพืชชนิดกกลังกา มีค่า TSS เท่ากับ 19.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TSS เท่ากับร้อยละ 72 และพืชชนิดคล้าน้ำมีค่า HF เท่ากับ 25.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TKN เท่ากับร้อยละ 64 กลไกในกำจัด TSS ระบบบึงประดิษฐ์แบบ HF จะเห็นได้ว่าค่าการกำจัด TSS ซึ่งจะเป็นการปล่อยน้ำเสียในแนวราบใต้ผิวชั้นกรอง ซึ่งจะทำให้เกิดการกรองของแต่ละชั้น จึงทำให้ค่า TSS ลดลง เมื่อ

เปรียบเทียบกับพืชทั้ง 2 ชนิด จะมีประสิทธิภาพการกำจัด TSS ใกล้เคียงกันเหมือนระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS

3. การกำจัด TSS ในระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF

ระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF ของพืชชนิดกกลังกา มีค่า TSS เท่ากับ 24.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TSS เท่ากับร้อยละ 66 และพืชชนิดคล้าน้ำมีค่า VF เท่ากับ 25.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TKN เท่ากับร้อยละ 64 กลไกในการกำจัด TSS ซึ่งจะเป็นการปล่อยน้ำเสียในแนวดิ่งผ่านชั้นตัวกลางทำให้เกิดการกรองของแต่ละชั้น จะทำให้ค่า TSS ลดลง ซึ่งค่าการกำจัด TSS เมื่อเปรียบเทียบกับพืชทั้ง 2 ชนิดและประสิทธิภาพในการบำบัด TSS มีค่าการบำบัดใกล้เคียงกันกับระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS และระบบบึงประดิษฐ์แบบ HF

4. การกำจัด TSS ในระบบบึงประดิษฐ์แบบ FTW

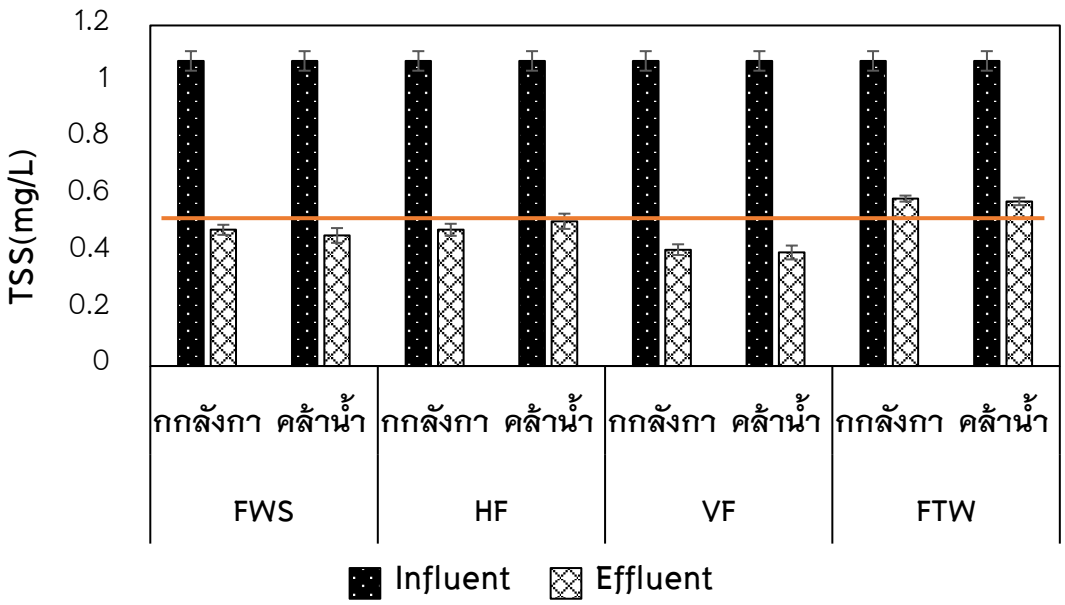
ระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF ของพืชชนิดกกลังกา มีค่า TSS เท่ากับ 25.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TSS เท่ากับร้อยละ 64 และพืชชนิดคล้าน้ำมีค่า VF เท่ากับ 25.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TKN เท่ากับร้อยละ 64 กลไกการกำจัด TSS ระบบดังกล่าวจะเป็นพืชแบบลอยน้ำจะอาศัยการตกตะกอนของสารแขวนลอย ในระยะเวลาที่กักเก็บน้ำจึงทำให้ค่า TSS ลดลง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับระบบบึงประดิษฐ์ชนิดต่าง ๆ แล้วจะเห็นได้ว่ามีค่าประสิทธิภาพในการบำบัด TSS ที่น้อยกว่าระบบอื่น ๆเนื่องจากระบบบึงประดิษฐ์แบบ FTW ไม่มีตัวกลางในการกรอง ทำให้ค่าประสิทธิในการบำบัด TSS น้อยกว่าระบบบึงประดิษฐ์ระบบอื่น ๆ

ประสิทธิภาพการบำบัดออโธฟอสเฟต (Othor-P)

จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำที่ออกจากระบบบึงประดิษฐ์แบบต่าง ๆ สำหรับค่า TP พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.40-0.59 มิลลิกรัม/ลิตร ดังแสดงในตารางที่ 13 เมื่อพิจารณาค่า TP โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานในตาราง 5 พบว่าค่า TP อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการเพาะเลี้ยงปลา โดยกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม (2551) ได้กำหนดให้มีปริมาณ TP ที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงปลาให้มีค่าน้อยกว่า 0.50 มิลลิกรัม/ลิตร ก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เนื่องจากค่า TP เป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย หากบ่อเลี้ยงปลามีสาหร่ายเกิดขึ้นมากเกินจะทำให้ปลาในบ่อเพาะเลี้ยงปลาทำให้ขาดออกซิเจนในเวลากลางคืน

ตาราง 13 ประสิทธิการกำจัด TP ของบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF,VF และFTW

ระบบ	พืช	TP		ประสิทธิภาพ
		เข้า	ออก	(%)
FWS	กกลังกา	1.075	0.48	54
	คล้าน้ำ	1.075	0.46	57
HF	กกลังกา	1.075	0.48	54
	คล้าน้ำ	1.075	0.51	45
VF	กกลังกา	1.075	0.41	61
	คล้าน้ำ	1.075	0.40	62
FTW	กกลังกา	1.075	0.59	44
	คล้าน้ำ	1.075	0.58	45



ภาพ 13 แสดงค่า TKN ในน้ำเข้าและน้ำทิ้งจากบึงประดิษฐ์แต่ละประเภท

หมายเหตุ: เส้นสีแดง คือ มาตรฐานน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัด TP ของบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF, VF และFTW ซึ่งเปรียบเทียบกันที่อัตราบรรทุกภาระ 0.05 ตารางเมตร/ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เท่ากับร้อยละ 54, 57, 54, 43, 61, 62, 44, และ45 ตามลำดับ เมื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัด TP ของพืชทั้งสองในระบบบึงประดิษฐ์แบบต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองประสิทธิภาพการกำจัด TP ที่การปลูกพืชที่ต่างกันของบึงประดิษฐ์แบบต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าที่การปลูกกกกลังกาในระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF มีประสิทธิภาพในการกำจัด TP สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 61 และระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS มีประสิทธิภาพในการกำจัด TP ต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 44 เช่นเดียวกับการปลูกต้นคล้าน้ำเป็นระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัด TP สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 62 และระบบบึงประดิษฐ์แบบ FTW มีประสิทธิภาพในการกำจัด TP ต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 45 ดังตาราง 13

1. การกำจัด TP ในระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS

ระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS ของพืชชนิดกกลังกา มีค่า TSS เท่ากับ 0.48 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TP เท่ากับร้อยละ 54 และพืชชนิดคล้าน้ำมีค่า TP เท่ากับ 0.46 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TP เท่ากับร้อยละ 57 กลไกการกำจัด TP ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งน้ำเสียจะปล่อยไหลอยู่บนระบบดังกล่าวและจะมีการดูดซับฟอสฟอรัส และพืชจะนำฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโต จึงทำให้ค่า TSS ลดลง จะเห็นได้ว่าค่าพืชทั้ง 2 ชนิด มีประสิทธิภาพของการกำจัด TP ใกล้เคียงกัน แต่มีประสิทธิภาพในการกำจัดของทั้ง 4 ระบบ จะมีประสิทธิภาพการกำจัด TP ที่น้อย เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เอื้ออำนวยต่อการบำบัดเนื่องจากช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลองเป็นฤดูฝนทำให้เกิดน้ำล้นในระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ต่าง ๆ

2. การกำจัด TP ในระบบบึงประดิษฐ์แบบ HF

ระบบบึงประดิษฐ์แบบ HF ของพืชชนิดกกลังกา มีค่า TSS เท่ากับ 0.48 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TP เท่ากับร้อยละ 54 และพืชชนิดคล้าน้ำมีค่า TP เท่ากับ 0.51 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TKN เท่ากับร้อยละ 43 กลไกการกำจัด TP ซึ่งจะเป็นการปล่อยน้ำเสียในแนวราบใต้ผิวชั้นกรอง และจะมีการดูดซับของค่าฟอสฟอรัสเหมือนระบบ FWS โดยตัวกลาง จึงทำให้ค่า TP ลดลง ชนิด มีประสิทธิภาพของการกำจัด TP มีค่าที่ใกล้เคียงกับระบบบำบัดแบบอื่น ๆ

3. การกำจัด TP ในระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF

ระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF ของพืชชนิดกกลังกา มีค่า TSS เท่ากับ 0.41 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TP เท่ากับร้อยละ 61 และพืชชนิดคล้าน้ำมีค่า TP เท่ากับ

0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TP เท่ากับร้อยละ 62 กลไกการกำจัด TP ซึ่งจะเป็นการปล่อยน้ำเสียในแนวดิ่งผ่านชั้นตัวกลางทำให้เกิดการกรองของแต่ละชั้น และจะมีการดูดซับของค่าฟอสฟอรัสเหมือนระบบ FWS และ HF โดยตัวกลางและพืชจะนำฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโต จึงทำให้ค่า TP ลดลง จะเห็นได้ว่าระบบบึงประดิษฐ์แบบ VF จะมีประสิทธิภาพการบำบัด TP ที่สูงกว่าระบบอื่น ๆ เล็กน้อย เนื่องจากมีการดูดซับโดยตัวกลางที่มีชั้นกรองที่มากกว่าระบบอื่น และพืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโต จึงทำให้มีประสิทธิภาพในการบำบัด TP ที่สูงกว่าระบบอื่นเล็กน้อย

4. การกำจัด TSS ในระบบบึงประดิษฐ์แบบ FTW

ระบบบึงประดิษฐ์แบบ FTW ของพืชชนิดกกลังกา มีค่า TSS เท่ากับ 0.59 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TP เท่ากับร้อยละ 44 และพืชชนิดคล้าน้ำมีค่า TP เท่ากับ 0.58 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TP เท่ากับร้อยละ 45 กลไกการกำจัด FTW ระบบดังกล่าวจะเป็นพืชแบบลอยน้ำและพืชจะนำฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของพืช จึงทำให้ค่า TP ลดลง แต่เมื่อเทียบกับระบบบำบัดบึงประดิษฐ์แบบอื่น ๆ แล้วจะเห็นได้ว่ามีค่าประสิทธิภาพที่น้อยกว่าระบบบึงประดิษฐ์แบบอื่น ๆ เล็กน้อยเนื่องจากระบบดังกล่าวไม่มีตัวกลางในการดูดซับฟอสฟอรัสมีแต่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโต และพืชในระบบดังกล่าวเจริญเติบโตช้าเนื่องจากไม่มีการยึดเกาะกับตัวกลาง ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้อยกว่าระบบอื่น ๆ

บทที่ 5

บทสรุป

การศึกษาการเปรียบเทียบระบบบึงประดิษฐ์แบบการไหลเหนือผิวชั้นกรอง (Free-water surface constructed wetland system) บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวราบ (Horizontal subsurface flow constructed wetland) บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวดิ่ง(Vertical subsurface flow constructed wetland) และบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำ (Floating constructed wetland) ของพืช 2 ชนิดได้แก่ *Thalia dealbata J.Fraser.* และ *Cyperus alternifolius.* และคุณภาพน้ำหลังการบำบัดเพื่อการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ในการเลี้ยงปลา สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

สรุปผลการทดลอง

ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงปลา โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วสามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ สามารถสรุปผลการทดลองในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของบึงประดิษฐ์ดังต่อไปนี้

1. ระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นกกลังกา มีประสิทธิภาพในการกำจัด COD สูงกว่าระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นคล้าน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัด TKN, TP และ TSS ของระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกพืชทั้ง 2 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2. คุณภาพน้ำที่ออกจากระบบบึงประดิษฐ์แบบการไหลเหนือผิวชั้นกรอง (Free-water surface constructed wetland system) บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวราบ (Horizontal subsurface flow constructed wetland) บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวดิ่ง(Vertical subsurface flow constructed wetland) และบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำ (Floating constructed wetland) ของพืช 2 ชนิดได้แก่ กกรังกา และคล้าน้ำ มีค่า COD, TSS และTP มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งเหมาะสมต่อการนำไปเพาะเลี้ยงปลา ดังนั้นน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยระบบบึงประดิษฐ์ สามารถหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ในการเพาะเลี้ยงปลาได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์แบบการไหลเหนือผิวชั้นกรอง (Free–water surface constructed wetland system) บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวราบ(Horizontal subsurface flow constructed wetland) บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวชั้นกรองในแนวดิ่ง(Vertical subsurface flow constructed wetland) และบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำ (Floating constructed wetland) ของพืช 2 ชนิดได้แก่ กกรังกา และคล้าน้ำ ในการกำจัด TKN, TSS และ TP มีค่าประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน แม้จะมีการปลูกพืชที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นควรเพิ่มพืชที่ปลูกในระบบให้มากกว่า 2 ชนิด เพื่อหาความแตกต่างที่เหมาะสม

2. ควรมีการนำระบบบึงประดิษฐ์มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยงปลา และการหมุนเวียนกลับไปใช้ใหม่ในการเพาะเลี้ยงปลา ที่ระดับการผลิตเพื่อการค้า เพื่อประเมินความคุ้มทุน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวางมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

Abou-El675ela, S. I., and Hellal, M. S. (2012). Municipal wastewater treatment using vertical flow constructed wetlands planted with Canna, Phragmites and Cyprus. **Ecological Engineering**, 47, 209-213.

APHA. (1998). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition**: APHA American Public Health Association,.

Calheiros, C. S., et al. (2009). Changes in the bacterial community structure in two-stage constructed wetlands with different plants for industrial wastewater treatment. **Bioresour Technol**, 100(13), 3228-3235.

Chueapohhak, W. (1982). Protein requirements of young catfish (pp. 127). Bangkok: Kasetsat University.

Fisher, D. o. (2013). **Fisheries statistics of thailand** 2013 (7). Information and communication technology center.

Kaonatesuwan, K. (2001). **Municipal sewage treatment using sub-surface constructed wetland**. Bangkok: Chulalongkorn University.

Karnwanitchakul, S. (1995). **Biological wastewater treatment**. Chiang Mai: Chiang Mai University.

Klomjek, P. (2016). Swine wastewater treatment using vertical subsurface flow constructed wetland planted with Napier grass. **Sustainable Environment Research**, 26 217-223.

Lawson, T. B. (1995). **Fundamental of Aquacultural Engineering**. New York: Chapman and Hall.

Meade, J. W. (1989). **Aquaculture management**. New York: Van Nostrand Reinhold.

Pingkul, K. (2003). **Nitrogen removal of subsurface artificial marsh systems. A flow up, followed by a down flow**. Chiang Mai: Chiang Mai University.

Primpon, M. (1990). **Study of causes and prevention of disease in catfish.** Banhkok: Kasetsart university.

Punsamrit, S. (2005). **Treatment of domestic sewage by combined-system constructed wetland**. Suranaree University of Technology, Suranaree University of Technology. Retrieved October 10, 2019, from http://sutir.sut.ac.th:8080/jspui/ handle/123456789/1618

Samudro, G., and Mangkoedihardjo, S. (2010). Review on BOD, COD and BOD/COD ratio: a triangle zone for toxic, biodegradable and stable levels. **International journal of academic research**, 2(4), 235–239.

Stickney, R. R. (1994). **Culture of Non Salmonid Freshwater Fishes (Advances in Fisheries Science) 1st Edition**. Florida: CRC Press.

Suphaporn, S. (1995). **Raise aquatic animals**. Bangkok: Pimdee bangkok thailand.

Tantunwate, M., and Pornprapa, P. (2001). **Water quality management and wastewater treatment in fish ponds and other aquaculture** (4). Bangkok: Chulalongkorn University.

Tantunwate, M., and Tantunwate, M. (2004). **Wastewater chemistry**. Bangkok: Chulalongkorn University.

Tucker, C. S., and Hargreaves, J. A. (2004). **Biology and Culture of Channel Catfish** (34). New York: Elsevier.

Tucker, C. S., and Robinson, E. H. (1990). **Channel Catfish Farming Handbook**. New York: Van Nostrand Reinhold.

U.S.EPA. (2000). **Manual Constructed Wetlands for Municipal Wastewater Treatment**. Ohio: United States Environmental Protection Agency.

Wongsatit, K. (2001). **Treatment of slaughterhouse wastewater using constructed wetlands**: Suranaree University of Technology.

ภาคผนวก

ตาราง 14 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของน้ำที่เข้า – ออกจากระบบบึงประดิษฐ์ และประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย (mean±S.D.)

ลักษณะน้ำเสีย	พืชที่ปลูก	ระบบบึงประดิษฐ์	ความเข้มข้น (mg/l)		ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)
			น้ำเข้า	น้ำออก	
COD	ต้นกกกลังกา	FWS	51	27.9	67.65 ± 2.9
		HF	51	20.8	75.95 ± 2.9
		VF	51	20.5	76.29 ± 2.9
		FTW	51	28.2	72.49 ± 2.8
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	51	25.4	70.62 ± 3.9
		HF	51	19.8	73.09 ± 4.6
		VF	51	26.5	69.38 ± 4.2
		FTW	51	26.9	68.89 ± 3.6
TKN	ต้นกกลังกา	FWS	16.95	8.16	51.61 ± 3.3
		HF	16.95	5.50	66.26 ± 2.9
		VF	16.95	6.31	61.21 ± 1.4
		FTW	16.95	8.09	51.10 ± 2.0
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	16.95	8.83	46.49 ± 3.7
		HF	16.95	6.35	60.51 ± 1.9
		VF	16.95	6.45	60.28 ± 1.9
		FTW	16.95	8.12	50.86 ± 2.8
TSS	ต้นกกลังกา	FWS	72.23	18.10	74.93 ± 3.0
		HF	72.23	19.67	72.81 ± 4.5
		VF	72.23	24.58	66.02 ± 0.9
		FTW	72.23	20.47	64.79 ± 2.7
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	72.23	14.03	80.60 ± 6.2
		HF	72.23	25.67	64.52 ± 2.8
		VF	72.23	26.33	63.59 ± 2.2

ตาราง 14 (ต่อ)

ลักษณะน้ำเสีย	พืชที่ปลูก	ระบบบึงประดิษฐ์	ความเข้มข้น (mg/l)		ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)
			น้ำเข้า	น้ำออก	
		FTW	72.23	21.77	69.91 ± 1.9
TP	ต้นกกสังกา	FWS	1.075	0.483	54.93 ± 2.3
		HF	1.075	0.484	53.28 ± 2.2
		VF	1.075	0.411	60.39 ± 1.9
		FTW	1.075	0.596	42.75 ± 1.1
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	1.075	0.456	55.91 ± 2.7
		HF	1.075	0.502	51.62 ± 2.4
		VF	1.075	0.401	61.26 ± 2.6
		FTW	1.075	0.587	43.57 ± 1.4

ตาราง 15 คุณภาพน้ำที่ออกจากบึงประดิษฐ์ (mean ± S.D.)

ลักษณะน้ำเสีย	พืชที่ปลูก	ระบบบึงประดิษฐ์	ความเข้มข้น (mg/l)	มาตรฐาน (mg/l)
COD	ต้นกก	FWS	27.9±3.0	< 50
	ลังกา	HF	20.8±3.2	
		VF	20.5±4.7	
		FTW	28.2±5.3	
	ต้นคล้า	FWS	25.4±3.5	
	น้ำ	HF	19.8±4.6	
		VF	26.5±5.2	
		FTW	26.9±4.6	
TKN	ต้นกก	FWS	8.2±1.5	< 5
	ลังกา	HF	5.5±1.1	
		VF	6.3±0.9	
		FTW	8.1±0.9	
	ต้นคล้า	FWS	8.8±2.1	
	น้ำ	HF	6.4±1.1	
		VF	6.5±0.6	
		FTW	8.1±0.8	
TSS	ต้นกก	FWS	18.1±2.06	< 225
	ลังกา	HF	19.67±3.58	
		VF	24.58±3.48	
		FTW	20.47±2.74	
	ต้นคล้า	FWS	14.03±4.22	
	น้ำ	HF	25.67±3.41	
		VF	26.33±2.74	
		FTW	21.77±4.39	

ตาราง 15 (ต่อ)

ลักษณะน้ำเสีย	พืชที่ปลูก	ระบบบึงประดิษฐ์	ความเข้มข้น (mg/l)	มาตราฐาน (mg/l)
TP	ต้นกกลังกา	FWS	0.483±0.02	< 50
		HF	0.484±0.02	
		VF	0.411±0.02	
		FTW	0.596±0.01	
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	0.456±0.03	
		HF	0.502±0.03	
		VF	0.401±0.02	
		FTW	0.587±0.01	

ตาราง 16 การวิเคราะห์ค่า COD ของระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF,VF และ FTW

วัน/เดือน/ปี	พืชที่ปลูก	ระบบบึงประดิษฐ์	ความเข้มข้น (mg/l)	
			น้ำเข้า	น้ำออก
6/9/2018	ต้นกกลังกา	FWS	51	27.73
		HF	51	18.13
		VF	51	24.53
		FTW	51	33.07
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	51	27.73
		HF	51	17.07
		VF	51	27.73
		FTW	51	29.87
13/9/2018	ต้นกกลังกา	FWS	51	24.53
		HF	51	18.56
		VF	51	20.27
		FTW	51	24.53
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	51	24.53
		HF	51	20.27
		VF	51	20.27

ตาราง 16 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	พืชที่ปลูก	ระบบบึงประดิษฐ์	ความเข้มข้น (mg/l)	
			น้ำเข้า	น้ำออก
		FTW	51	23.47
20/9/2018	ต้นกกลังกา	FWS	51	28.80
		HF	51	21.33
		VF	51	25.60
		FTW	51	21.33
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	51	22.40
		HF	51	25.60
		VF	51	23.47
		FTW	51	22.40
27/9/2018	ต้นกกลังกา	FWS	51	30.93
		HF	51	21.33
		VF	51	17.07
		FTW	51	33.07
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	51	25.67
		HF	51	19.20
		VF	51	30.93
		FTW	51	32.00
4/10/2018	ต้นกกลังกา	FWS	1.075	27.73
		HF	1.075	24.53
		VF	1.075	14.93
		FTW	1.075	28.80
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	72.23	25.60
		HF	72.23	17.07
		VF	72.23	29.87
		FTW	72.23	26.67

ตาราง 17 การวิเคราะห์ค่า TKN ของระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF,VF และ FTW

วัน/เดือน/ปี	พืชที่ปลูก	ระบบบึงประดิษฐ์	ความเข้มข้น (mg/l)	
			น้ำเข้า	น้ำออก
6/9/2018	ต้นกกลังกา	FWS	16.95	5.32
		HF	16.95	6.21
		VF	16.95	5.32
		FTW	16.95	7.98
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	16.95	6.56
		HF	16.95	4.43
		VF	16.95	4.79
		FTW	16.95	6.01
13/9/2018	ต้นกกลังกา	FWS	16.95	3.37
		HF	16.95	4.43
		VF	16.95	4.79
		FTW	16.95	7.09
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	16.95	2.31
		HF	16.95	5.65
		VF	16.95	4.61
		FTW	16.95	6.03
20/9/2018	ต้นกกลังกา	FWS	16.95	4.43
		HF	16.95	5.85
		VF	16.95	3.90
		FTW	16.95	8.16
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	16.95	3.37
		HF	16.95	7.45
		VF	16.95	4.61
		FTW	16.95	6.21
27/9/2018	ต้นกกลังกา	FWS	16.95	6.38
		HF	16.95	3.55
		VF	16.95	4.08

ตาราง 17 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	พืชที่ปลูก	ระบบบึงประดิษฐ์	ความเข้มข้น (mg/l)	
			น้ำเข้า	น้ำออก
		FTW	16.95	9.58
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	16.95	3.55
		HF	16.95	5.67
		VF	16.95	3.90
		FTW	16.95	4.61
4/10/2018	ต้นกกลังกา	FWS	16.95	2.84
		HF	16.95	4.08
		VF	16.95	3.37
		FTW	16.95	7.63
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	16.95	4.26
		HF	16.95	4.79
		VF	16.95	3.55
		FTW	16.95	4.43

ตาราง 18 การวิเคราะห์ค่า TSS ของระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF,VF และ FTW

วัน/เดือน/ปี	พืชที่ปลูก	ระบบบึงประดิษฐ์	ความเข้มข้น (mg/l)	
			น้ำเข้า	น้ำออก
6/9/2018	ต้นกกลังกา	FWS	72.23	15.50
		HF	72.23	19.33
		VF	72.23	24.88
		FTW	72.23	26.50
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	72.23	19.67
		HF	72.23	26.33
		VF	72.23	27.50
		FTW	72.23	20.00
13/9/2018	ต้นกกลังกา	FWS	72.23	18.50

ตาราง 18 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	พืชที่ปลูก	ระบบบึงประดิษฐ์	ความเข้มข้น (mg/l)	
			น้ำเข้า	น้ำออก
		HF	72.23	16.33
		VF	72.23	24.00
		FTW	72.23	26.67
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	72.23	7.33
		HF	72.23	27.33
		VF	72.23	26.00
		FTW	72.23	22.17
20/9/2018	ต้นกกลังกา	FWS	72.23	20.33
		HF	72.23	17.00
		VF	72.23	24.17
		FTW	72.23	22.17
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	72.23	12.67
		HF	72.23	22.17
		VF	72.23	25.50
		FTW	72.23	21.83
27/9/2018	ต้นกกลังกา	FWS	72.23	19.83
		HF	72.23	21.50
		VF	72.23	25.50
		FTW	72.23	26.67
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	72.23	15.33
		HF	72.23	26.67
		VF	72.23	24.33
		FTW	72.23	21.17
4/10/2018	ต้นกกลังกา	FWS	72.23	16.33
		HF	72.23	24.17
		VF	72.23	24.33
		FTW	72.23	25.33

ตาราง 18 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	พืชที่ปลูก	ระบบบึงประดิษฐ์	ความเข้มข้น (mg/l)	
			น้ำเข้า	น้ำออก
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	72.23	15.17
		HF	72.23	25.83
		VF	72.23	28.33
		FTW	72.23	23.67

ตาราง 19 การวิเคราะห์ค่า TP องระบบบึงประดิษฐ์แบบ FWS, HF,VF และ FTW

วัน/เดือน/ปี	พืชที่ปลูก	ระบบบึงประดิษฐ์	ความเข้มข้น (mg/l)	
			น้ำเข้า	น้ำออก
6/9/2018	ต้นกกลังกา	FWS	1.075	0.46
		HF	1.075	0.47
		VF	1.075	0.40
		FTW	1.075	0.59
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	1.075	0.45
		HF	1.075	0.48
		VF	1.075	0.39
		FTW	1.075	0.57
13/9/2018	ต้นกกลังกา	FWS	1.075	0.50
		HF	1.075	0.46
		VF	1.075	0.39
		FTW	1.075	0.61
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	1.075	0.44
		HF	1.075	0.48
		VF	1.075	0.41
		FTW	1.075	0.60
20/9/2018	ต้นกกลังกา	FWS	1.075	0.50
		HF	1.075	0.50

ตาราง 19 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	พืชที่ปลูก	ระบบบึงประดิษฐ์	ความเข้มข้น (mg/l)	
			น้ำเข้า	น้ำออก
		VF	1.075	0.44
		FTW	1.075	0.58
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	1.075	0.43
		HF	1.075	0.51
		VF	1.075	0.37
		FTW	1.075	0.57
27/9/2018	ต้นกกลังกา	FWS	1.075	0.47
		HF	1.075	0.50
		VF	1.075	0.41
		FTW	1.075	0.61
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	1.075	0.50
		HF	1.075	0.53
		VF	1.075	0.41
		FTW	1.075	0.60
4/10/2018	ต้นกกลังกา	FWS	1.075	0.50
		HF	1.075	0.51
		VF	1.075	0.43
		FTW	1.075	0.59
	ต้นคล้าน้ำ	FWS	72.23	0.48
		HF	72.23	0.54
		VF	72.23	0.44
		FTW	72.23	0.59

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ–สกุล	ภูมิพัฒน์ หอมอบ
วัน เดือน ปี เกิด	30 พฤษภาคม 2527
สถานที่เกิด	เชียงราย
วุฒิการศึกษา	2551 วศ.บ. (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตเชียงราย, เชียงราย.
ที่อยู่ปัจจุบัน	53 หมู่ที่ 7 ตำบลท่าสาย อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย
ผลงานตีพิมพ์	นายภูมิพัฒน์ หอมอบ และ ดร.โสมนัส สมประเสริฐ (ผู้บรรยาย),(23–24 พฤษภาคม 2552) การใช้ระบบบึงประดิษฐ์ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียจากการเลี้ยงปลาเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ในการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 18 (หน้า 7 –8) โรงแรมเดอะ ทวิน ทาวเวอร์ รองเมือง กรุงเทพมหานคร