การบำบัดน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงปลาสลิดบางบ่อโดยใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลท่วมผิวชั้นกรองอย่างอิสระ

Treatment of Water for Culture of Snakeskin Gourami Came from Bang Bo District Using Free Water Surface Constructed Wetlands

เทอดพงศ์ ศรีสุขพันธุ์*, ชฎาภรณ์ ประสาทกุ, ยิ่งเจริญ คูสกุลรัตน์
คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
*Email : thirdpong@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อศึกษาชนิดของพืชน้ำที่เหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาบ่อพักน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงปลาสลิด และ 2) เพื่อศึกษารูปแบบในการเดินระบบบึงประดิษฐ์ที่เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาบ่อพักน้ำก่อนและหลังการเพาะเลี้ยงของเกษตรกรที่เพาะเลี้ยงปลาสลิด ทำการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ โดยใช้น้ำสังเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการบำบัดระหว่างบัว ธูปฤาษี หญ้าแห้วและพืชผสม รวมถึงเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดระหว่างการเดินระบบแบบต่อเนื่องและการเดินระบบแบบเป็นกะ จากการทดลองพบว่า ชุดทดลองที่ปลูกพืชผสมมีความเหมาะสมสำหรับนำมาใช้บำบัดน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงเนื่องจากให้อัตราการบำบัดสูงที่สุด ส่วนรูปแบบของการเดินระบบพบว่า กรณีการเดินระบบแบบเติมน้ำต่อเนื่องมีอัตราการบำบัดสูงกว่าการเติมน้ำเป็นกะ สามารถบำบัดน้ำให้ผ่านมาตรฐานในระยะเวลา 6 วัน ส่วนกรณีที่เดินระบบแบบเติมน้ำแบบเป็นกะต้องการระยะเวลาในการบำบัด 30 วัน ส่วนประสิทธิภาพในการบำบัด BOD, COD, TKN, TP, Pb และ Cd พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 76.55, 68.36, 88.73, 67.31, 89.71 และ 88.13 ตามลำดับ ทั้งนี้เกษตรกรสามารถเลือกใช้รูปแบบจากการทดลองไปพัฒนาบ่อพักน้ำก่อนและหลังการเพาะเลี้ยงปลาสลิดเพื่อบำบัดน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงปลาสลิดตามความเหมาะสม

คำสำคัญ : การบำบัดน้ำเสีย การปรับปรุงคุณภาพน้ำ บึงประดิษฐ์ พืชน้ำ

Abstract

The objectives of this study were to study the appropriate aquatic plants and the appropriate operating conditions for developing the holding pond used in culture of snakeskin gourami. This research was conducted in the laboratory by using the synthetic water. The treatment efficiency of the various aquatic plants i.e., *Nymphaea nouchali* Burm.f., *Typha angustifolia* L., *Eleocharis dulcis* Trin and mixed plants, were compared. The treatment efficiency between the different operations i.e., continuous flow and batch flow, were studied. The findings of the research as follows: 1) the type of appropriate aquatic plant was the mixed plants with *Nymphaea nouchali* Burm.f., *Typha angustifolia* L. and *Eleocharis dulcis* Trin. Because of the highest efficiency in the treating and 2) the appropriate operating condition of free water surface

(FWS) wetland was a continuous flow. In order to meet criteria of Thailand Standard for Water Quality in Aquaculture, the continuous and batch flow conditions spent 6 and 30 days for the treatments, respectively. The average treatment efficiency of BOD, COD, TKN, TP, Pb and Cd were 76.55, 68.36, 88.73, 67.31, 89.71 and 88.13. *Typhaangustifolia* L. and *Eleocharis dulcis* Trin.

Keywords : Aquatic plant, Waste water treatment, Water treatment, Wetland

บทนำ

อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ มีชื่อเสียงในการเลี้ยงปลาสลิด การเก็บรักษา และการแปรรูปปลาสลิดเป็นอย่างมาก ปลาสลิดบางบ่อมีรสชาติที่ดีเป็นเอกลักษณ์เป็นที่ต้องการของตลาด แต่จากงานวิจัยของสุรีย์พร หอมวิเศษวงศา และคณะ (2559) เก็บตัวอย่างจากบ่อเพาะเลี้ยงปลาสลิดบางบ่อ ซึ่งตรวจพบการปนเปื้อนของตะกั่วในน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยง เครื่องในปลาสลิด และดินตะกอนสูงสุดเท่ากับ 0.0054, 0.1511 และ 0.0173 ppm ตามลำดับ ถึงแม้ว่าปริมาณที่ตรวจพบยังมีค่าไม่เกินมาตรฐานกำหนด แต่อาจกระทบต่อความเชื่อมั่นของผู้บริโภค รวมถึงอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อผู้เพาะเลี้ยงและผู้แปรรูปปลาสลิดที่ต้องสัมผัสกับชิ้นส่วนปลาสลิดที่ปนเปื้อนโลหะหนักอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ทั้งนี้สาเหตุของการปนเปื้อน อาจเกิดมาจากเกษตรกรนำน้ำคลองที่ผ่านการปนเปื้อนน้ำเสียจากชุมชนต้นน้ำมาใช้ในการเพาะเลี้ยง ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค และสร้างความปลอดภัยให้แก่ผู้เพาะเลี้ยงและผู้แปรรูปปลาสลิด อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าของปลาสลิดบางบ่อ กลุ่มผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาแนวทางการบำบัดน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงปลาสลิด โดยการพัฒนาบ่อพักน้ำภายในพื้นที่บ่อเพาะเลี้ยงปลาสลิดให้เป็นระบบบึงประดิษฐ์ (Wetland treatment) ที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนัก โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ เพื่อศึกษาชนิดของพืชน้ำที่เหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาบ่อพักน้ำก่อนและหลังการเพาะเลี้ยงของเกษตรกรในการบำบัดน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงปลาสลิด และเพื่อศึกษารูปแบบในการเดินระบบบึงประดิษฐ์ที่เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาบ่อพักน้ำก่อนและหลังการเพาะเลี้ยงของเกษตรกรในการบำบัดน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงปลาสลิด

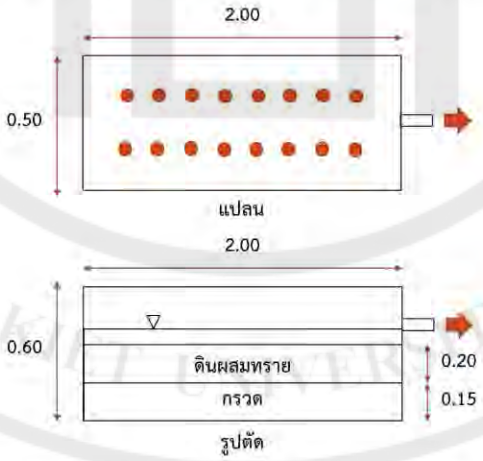
ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ คือระบบพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นให้คล้ายพื้นที่ชุ่มน้ำในธรรมชาติเพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียให้เป็นน้ำทิ้งที่ได้มาตรฐานตามที่กฎหมายทางสิ่งแวดล้อมกำหนด ซึ่งรูปร่างของระบบบึงประดิษฐ์จะมีลักษณะเป็นแอ่งหรือบึงที่มีน้ำขังซึ่งประกอบด้วย พืช วัสดุตัวกลางจำพวก ดิน หิน หรือกรวด และจุลินทรีย์ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมมาช่วยในการบำบัดน้ำเสียและช่วยปรับสภาพน้ำเสียให้มีคุณภาพดีขึ้นโดยไม่ต้องใช้สารเคมีและเทคโนโลยีเครื่องจักรกลต่างๆ เช่น เครื่องเติมอากาศ เป็นการลดค่าใช้จ่ายและง่ายในการควบคุมระบบไม่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านในการบำบัดน้ำเสีย บึงประดิษฐ์สามารถลดค่าบีโอดี กำจัดสารแขวนลอย โลหะหนัก และเชื้อโรคจากน้ำเสียหลายชนิดได้ในปริมาณสูง โดยมีกลไกการบำบัด 3 กระบวนการ คือ กระบวนการทางกายภาพ ได้แก่ การตกตะกอน ซึ่งตะกอนแขวนลอยจะถูกดักโดยพืชเป็นส่วนใหญ่ วิธีการนี้สามารถกำจัดสารแขวนลอย สารอินทรีย์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส กระบวนการทางเคมี ได้แก่ การดูดซับ การแลกเปลี่ยนไอออนบนผิวของพืช และการตกตะกอนทางเคมี และกระบวนการทางชีวภาพ ได้แก่ การย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์โดยจุลินทรีย์และโดยเกิดการกินกันเองของจุลินทรีย์ต่างๆ (ปัญจ์ปพัชรภร บุญพร้อม, 2554)

พืชในระบบบึงประดิษฐ์จะเป็นที่ยึดเกาะ และเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ภายในระบบควบคุมการไหลของน้ำเสีย พืชถือว่าเป็นองค์ประกอบหลักของระบบบึงประดิษฐ์ ดังนั้น การเลือกพืชที่จะใช้ในระบบจึงเป็นสิ่งสำคัญ ปกติแล้วพันธุ์ของพืชที่จะปลูกในระบบบึงประดิษฐ์ ควรเป็นพืชที่สามารถพบได้ในท้องถิ่น เพราะพืชจะคุ้นเคยกับสภาพภูมิอากาศและพื้นที่ในบริเวณนั้นจึงสามารถเจริญเติบโตได้ดี (ฉัตรชัย ยาทะเล, 2554) ซึ่งในงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้พืชที่มีอยู่ในท้องถิ่นที่สามารถพบได้ทั่วไปในบ่อเพาะเลี้ยงปลาสลิดของเกษตรกร ได้แก่ บัว ธูปฤาษี และต้นแห้ว ทั้งนี้กลไกการกำจัดสารพิษและโลหะหนักของบึงประดิษฐ์ ประกอบด้วย 1) กลไกการตกตะกอนเคมีกลายเป็นของแข็งและตะกอนบริเวณผิวหน้าของดินหรือตกสะสมอยู่บริเวณโพรงของรากพืช (Vymazal et al., 2016) 2) การดูดสะสมแล้วเคลื่อนย้ายเพื่อนำไปสะสมในส่วนต่าง ๆ ของพืช (จอมจันทร์ นทีวัฒนา, 2557; Anna et al., 2014) และ 3) การดูดสะสมแล้วเคลื่อนย้ายเพื่อนำไปย่อยสลาย (จอมจันทร์ นทีวัฒนา, 2557)

วิธีดำเนินการวิจัย

ชุดทดลองบึงประดิษฐ์ ชุดทดลองระดับห้องปฏิบัติการที่จำลองสภาพของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลท่วมผิวชั้นกรองอย่างอิสระ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับสภาพของบ่อพักน้ำของเกษตรกร จำนวน 4 ชุด จัดทำจากไฟเบอร์กลาส ขนาดกว้าง 0.5 เมตร ยาว 2.0 เมตร ลึก 0.6 เมตร ชั้นวัสดุกรองในชุดทดลองมี 2 ชั้น ประกอบด้วย 1) ชั้นล่างใช้กรวดความหนา 15 เซนติเมตร และ 2) ชั้นบนใช้ดินผสมทรายอัตราส่วน ดิน 3 ส่วน ต่อ ทราย 1 ส่วน ความหนา 20 เซนติเมตร การปลูกต้นไม้ ทุกต้นจะปลูกห่างจากผนัง 15 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างต้น ในแนวกว้าง และแนวยาวเท่ากับ 20 เซนติเมตร คิดเป็นความหนาแน่นเท่ากับ 16 ต้นต่อตารางเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1

การเตรียมพืช คณะผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างพืชในบ่อเพาะเลี้ยงปลาสลิดของเกษตรประกอบด้วยบัวเผื่อน ธูปฤาษี และหญ้าแห้ว แล้วนำมาเพาะในกระถางเป็นเวลาประมาณ 2 สัปดาห์ เพื่อให้พืชฟื้นตัว หลังจากนั้นได้นำเพาะลงชุดทดลองบึงประดิษฐ์และปล่อยให้พืชฟื้นตัวในชุดทดลองเป็นเวลาประมาณ 2 สัปดาห์ จึงเริ่มต้นเดินระบบ



รูปที่ 1 แปลนและรูปตัดชุดทดลองบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลท่วมผิวชั้นกรองอย่างอิสระ

น้ำเสียสังเคราะห์ เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีลักษณะสมบัติคล้ายน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงปลาสลิดและน้ำในคลองที่เกษตรกรใช้ในการเพาะเลี้ยง โดยสารเคมีที่เติมลงในน้ำเสียสังเคราะห์แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าเริ่มต้นในน้ำ	น้ำหนักของสารในน้ำ 1 L(mg)	วิธีวิเคราะห์*
COD	mg/L	150	น้ำตาลทราย 133.93	Closed Reflux Method
TKN	mg/L	10	NH_4Cl 38.208	Macro-Kjeldahl Method
Phosphate	mg/L	2	KH_2PO_4 8.770	*Vanadomolybdophosphoric* Acid Method
Pb	ppm	0.5	$Pb(NO_3)_2$ 1.3721	Atomic Absorption Spectrometric Method
Cd	ppm	0.5	$Cd(NO_3)_2.4H_2O$ 0.79925	Atomic Absorption Spectrometric Method

ที่มา : E.W. Rice, R.B. Baird, A.D. Eaton, editors. 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.

การเดินระบบ การเดินระบบจะดำเนินการเปรียบเทียบ 2 รูปแบบ ได้แก่

- การเดินระบบแบบต่อเนื่อง (continuous) จะใช้ peristaltic pump สูบน้ำเพาะเลี้ยงสังเคราะห์จากถังเตรียมน้ำเพาะเลี้ยงสังเคราะห์ PE ขนาด 500 ลิตร ด้วยอัตราการไหล 50 ลิตรต่อวัน ควบคุมอัตราภาระชลศาสตร์ (Hydraulic Loading Rate, HLR) เท่ากับ 0.05 ลบ.ม./ตร.ม.-วัน มีระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ (Hydraulic Retention Time, HRT) อยู่ในชุดทดลองบึงประดิษฐ์เท่ากับ 6 วัน ซึ่งคำนวณได้จากสมการ HRT = WLDN/Q (Sahu O., 2014) โดยที่ W คือ ความกว้างของบึงประดิษฐ์ (0.5 ม.), L คือ ความยาวของบึงประดิษฐ์ (2.0 ม.), D คือ ความลึกของบึงประดิษฐ์ (0.4 ม.), N คือสัมประสิทธิ์ช่องว่างของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลท่วมผิวชั้นกรองอย่างอิสระ (0.75) และ Q คือ อัตราการไหลของน้ำเสีย (50 ลิตร/วัน) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพาะเลี้ยงสังเคราะห์จากถังเตรียมน้ำไปวิเคราะห์ลักษณะสมบัติเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากบึงประดิษฐ์

- การเดินระบบแบบเป็นกะ (batch) จะใช้การสูบน้ำเพาะเลี้ยงสังเคราะห์ไปขังในชุดทดลองเป็นระยะเวลา 6 วัน ซึ่งเท่ากับระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ของชุดทดลองแบบเดินระบบต่อเนื่อง

การทดลองศึกษาประสิทธิภาพระบบบึงประดิษฐ์ ทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่าง 2 ปัจจัย ได้แก่ 1) รูปแบบของการเดินระบบระหว่างการเดินระบบแบบต่อเนื่องและการเดินระบบแบบเป็นกะ และ 2) ประเภทของพืชน้ำที่ใช้ในบึงประดิษฐ์ ได้แก่ บัว ธูปฤาษี และหญ้าแห้ว โดยแบ่งออกเป็น 10 ชุด การทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยทำการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเสียและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด โดยตรวจวัด pH, BOD, COD, TKN, TP, Pb และ Cd ทุกๆ 6 วัน ทำการตรวจวัดซ้ำ 2 ครั้ง โดยที่ชุดการทดลองที่ 1-5 ทดลองต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 2 เดือน และชุดการทดลองที่ 6-10 ทดลองต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 2 เดือน

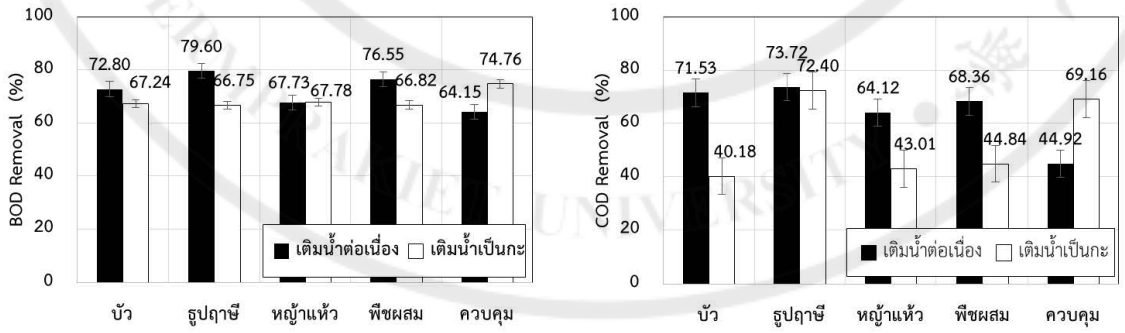
ตารางที่ 2 รายละเอียดชุดทดลอง

ลำดับ	พืชน้ำที่ใช้	รูปแบบการเดินระบบ	ภาระบรรทุกชลศาสตร์ (ซม./วัน)	อัตราการไหล (ลิตร/วัน)	เวลาเก็บกัก (วัน)
1	ไม่ปลูกพืช (ชุดควบคุม)	Continuous	5	50	6
2	บัว	Continuous	5	50	6
3	ธูปฤาษี	Continuous	5	50	6
4	หญ้าแห้ว	Continuous	5	50	6
5	ปลูกพืชผสม (บัว ธูปฤาษี และ หญ้าแห้ว)	Continuous	5	50	6
6	ไม่ปลูกพืช (ชุดควบคุม)	Batch	-	-	6
7	บัว	Batch	-	-	6
8	ธูปฤาษี	Batch	-	-	6
9	หญ้าแห้ว	Batch	-	-	6
10	ปลูกพืชผสม (บัว ธูปฤาษี และ หญ้าแห้ว)	Batch	-	-	6

ผลการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของระบบในการบำบัดสารอินทรีย์ ธาตุอาหาร และโลหะหนัก โดยเปรียบเทียบระหว่างการปลูกบัว ธูปฤาษี หญ้าแห้ว และพืชผสม รวมถึงเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบของเดินระบบ ได้แก่ การเติมน้ำเป็นกะและการเติมน้ำต่อเนื่อง ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

การบำบัดสารอินทรีย์ ประสิทธิภาพในการบำบัดเฉลี่ยของ BOD และ COD พบว่า การเดินระบบแบบต่อเนื่องให้ประสิทธิภาพสูงกว่าการเดินระบบแบบเป็นกะ และธูปฤาษีมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์สูงสุด ยกเว้นชุดควบคุมที่ไม่มีการปลูกพืชที่พบว่ามีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการทดลองแบบเติมน้ำเป็นกะที่มีประสิทธิภาพในการบำบัด BOD สูงที่สุด และมีประสิทธิภาพในการบำบัด COD รองจากธูปฤาษีดังแสดงในรูปที่ 3

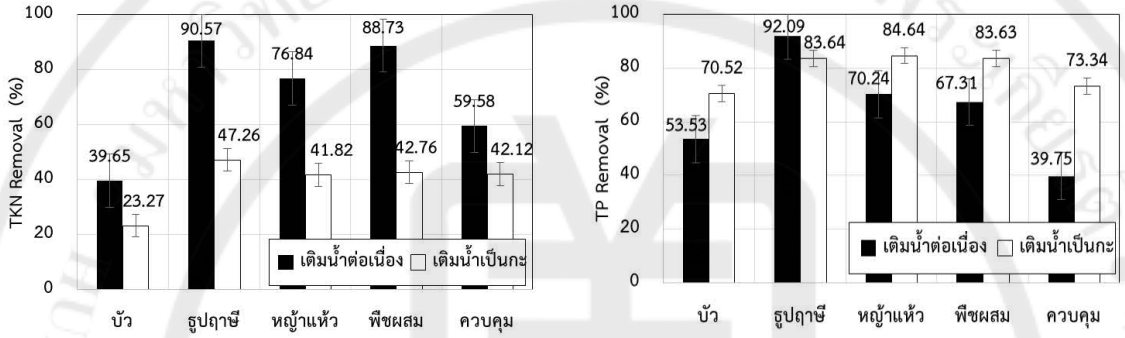


รูปที่ 3 ประสิทธิภาพการบำบัด BOD และ COD ของบึงประดิษฐ์

การบำบัดธาตุอาหาร

ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน จากการทดลองพบว่า การเดินระบบแบบต่อเนื่องมีประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนอยู่ในช่วงร้อยละ 39.65-90.57 ซึ่งสูงกว่าการเดินระบบแบบเป็นกะในทุกชุดการทดลองที่มีประสิทธิภาพอยู่ในช่วงร้อยละ 23.27-47.26 ดังแสดงในรูปที่ 4

การบำบัดฟอสฟอรัส จากการทดลองพบว่า การเดินระบบแบบต่อเนื่องของชุดทดลองบัว ธูปฤาษี หญ้าแห้วพืชผสม และชุดควบคุม มีประสิทธิภาพในการบำบัดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 53.53, 92.09, 70.24, 67.31 และ 39.75 ตามลำดับ ส่วนกรณีเดินระบบแบบเป็นกะมีประสิทธิภาพในการบำบัดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 70.52, 83.64, 84.64, 83.63, 73.74 ดังแสดงในรูปที่ 4

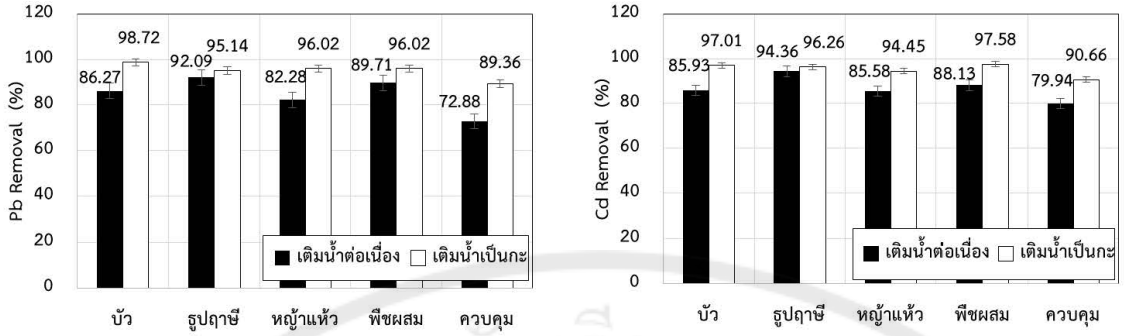


รูปที่ 4 ประสิทธิภาพการบำบัด TKN และTP ของบึงประดิษฐ์

การบำบัดโลหะหนัก

3.1 การบำบัดตะกั่ว (Lead, Pb) จากการทดลองพบว่า การเดินระบบแบบต่อเนื่อง แต่ละชุดทดลองประสิทธิภาพค่อนข้างใกล้เคียงกันทั้ง 4 ชุดทดลอง (ร้อยละ 82.28-92.09) ยกเว้นชุดควบคุมที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าชุดทดลองอื่นๆ อย่างชัดเจน (ร้อยละ 72.88) ส่วนการเดินระบบแบบเป็นกะ ประสิทธิภาพจะมีความใกล้เคียงกันใกล้เคียงกันทั้ง 4 ชุดทดลอง (ร้อยละ 95.14-98.72) ยกเว้นชุดควบคุมที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าชุดทดลองอื่นๆ อย่างชัดเจน (ร้อยละ 89.36) ดังแสดงในรูปที่ 5

3.2 การบำบัดแคดเมียม (Cadmium, Cd) จากการทดลองพบว่า การเดินระบบแบบต่อเนื่องแต่ละชุดทดลองประสิทธิภาพค่อยข้างใกล้เคียงกันทั้ง 4 ชุดทดลอง (ร้อยละ 85.58-94.36) ยกเว้นชุดควบคุมที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าชุดทดลองอื่น ๆ อย่างชัดเจน (ร้อยละ 79.94) ดังแสดงในรูปที่ 5 ส่วนการเดินระบบแบบเป็นกะประสิทธิภาพจะมีความใกล้เคียงกันทั้ง 4 ชุดทดลอง (ร้อยละ 94.45-97.58) ยกเว้นชุดควบคุมที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าชุดทดลองอื่นๆ อย่างชัดเจน (ร้อยละ 90.66) ซึ่งเมื่อนำประสิทธิภาพเฉลี่ยมาเปรียบเทียบกันทั้งแบบต่อเนื่องและแบบเป็นกะ พบว่า ธูปฤาษีในระบบบึงประดิษฐ์แบบเป็นกะมีประสิทธิภาพสูงที่สุด (97.58) ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ประสิทธิภาพการบำบัด Pb และCd ของบึงประดิษฐ์

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

1. จากการเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลาสลิดที่ตั้งอยู่ในตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ ที่มีลักษณะการเพาะเลี้ยงแบบภูมิปัญญารวมทั้งสิ้น 4 บ่อ และน้ำในลำคลองที่นำมาใช้เพาะเลี้ยงบริเวณทางทิศเหนือของบ่อเพาะเลี้ยงปลาสลิดอยู่ติดกับลำรางสาธารณะ ซึ่งเชื่อมต่อกับคลองโหมบริเวณริมถนนสุขุมวิท ซึ่งเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงได้ใช้น้ำจากคลองดังกล่าวในการเพาะเลี้ยง เพื่อศึกษาลักษณะสมบัติของน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงปลาสลิด พบว่า น้ำในบ่อเพาะเลี้ยงปลามีการสะสมของสารอินทรีย์และไนโตรเจนในน้ำในปริมาณที่มากกว่าค่ามาตรฐาน (กรมประมง, ม.ป.ป.) ส่วนคุณภาพของน้ำคลองบริเวณโดยรอบบ่อเพาะเลี้ยงปลาสลิด ซึ่งจัดเป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภท 5 หมายถึงแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถใช้ประโยชน์เพื่อการคมนาคม ไม่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้เพื่อการเกษตร (ประเภท 3) เนื่องจากมีปริมาณสารอินทรีย์และโลหะหนักเกินมาตรฐาน และหากเกษตรผู้เพาะเลี้ยงปล่อยน้ำจากการเพาะเลี้ยงปลาทิ้งลงคลองสาธารณะหรือลงสู่แหล่งรองรับน้ำทิ้งโดยตรงโดยไม่มีการบริหารจัดการ อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำได้ เนื่องจากค่า BOD, TKN และ TP เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด (กรมควบคุมมลพิษ, 2537)

2. การศึกษาประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์ พบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดเฉลี่ยของ BOD และ COD ด้วยระบบแบบต่อเนื่องให้ประสิทธิภาพสูงกว่าการเดินระบบแบบเป็นกะ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์ และสมศักดิ์ เจริญวัย (2543) ที่ศึกษาเปรียบเทียบการใช้บึงประดิษฐ์บำบัดน้ำเสียชุมชนระหว่างการขังน้ำและปล่อยให้น้ำไหลต่อเนื่อง รวมถึงสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yaqian et al. (2013) ที่พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด COD ของการเดินระบบแบบต่อเนื่องสูงกว่าการเดินระบบแบบเป็นกะ เท่ากับ ร้อยละ 76.5 และ 71.5 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเติมน้ำต่อเนื่องจะทำการสูบน้ำเข้าทางหัวถังและปล่อยให้น้ำไหลผ่านชุดทดลองแบบไหลตามยาว (plug flow) ทำให้น้ำเสียค่อย ๆ ได้รับการบำบัดตามระยะทางจากหัวถังไปยังท้ายถัง ซึ่งต่างจากการเดินระบบแบบเป็นกะที่ทำการสูบน้ำเข้าบ่อทั้งหมดในคราวเดียวและระบายน้ำออกในคราวเดียวเป็นระยะเวลาสั้น ๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Giuseppe et al. (2000) ซึ่งรายงานว่าการรักษาสภาพการไหลให้เป็น plug flow และป้องกันมิให้เกิดการไหลลัดวงจร (short circuit flow) จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัด

ส่วนประสิทธิภาพในการบำบัดธาตุอาหารโดยนำมาวิเคราะห์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส พบว่า ธูปฤาษีมีประสิทธิภาพสูงกว่าทั้งในกรณีที่เดินระบบแบบเติมน้ำต่อเนื่อง (ร้อยละ 90.57 และ 76.84 สำหรับธูปฤาษีและหญ้าแห้ว) และกรณีเติมน้ำเป็นกะ (ร้อยละ 47.26 และ 41.82 สำหรับธูปฤาษีและหญ้าแห้ว) ทั้งนี้ ถึงแม้ว่ากลไกการบำบัด

ไนโตรเจนที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเช่นเดียวกัน ได้แก่ จุลินทรีย์ใช้ไนโตรเจนเพื่อการย่อยสลายทางชีววิทยา การเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชั่นในน้ำ และรากพืชดูดซับไนโตรเจนจากตะกอนดินเข้าไปในลำต้น (Andersson et al., 2005) ก็ตาม แต่ธูปฤาษีเป็นพืชที่มีรากอยู่ในน้ำจำนวนมาก ทำให้ธูปฤาษีสามารถดูดซับไนโตรเจนจากในน้ำเข้าสู่ลำต้นได้เร็วและมากกว่ากรณีของหญ้าแห้ว ดังนั้นจึงพบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนของธูปฤาษีจึงสูงกว่าพืชผสมและหญ้าแห้ว

ส่วนการบำบัดฟอสฟอรัส พบว่าการเดินระบบแบบเติมน้ำเป็นกะมีอัตราการกำจัดฟอสฟอรัสสูงกว่าการเติมน้ำแบบต่อเนื่อง สอดคล้องกับผลการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัส ทั้งนี้เนื่องกลไกหลักของการกำจัดฟอสฟอรัสในบึงประดิษฐ์คือ การตกตะกอน (precipitation) ซึ่ง Andersson et al. (2005) รายงานว่าพบฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ตกตะกอนสะสมอยู่บริเวณทางน้ำเข้าของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลท่วมผิวชั้นกรองอย่างอิสระ ดังนั้นการเดินระบบแบบเป็นกะจะทำให้สภาพความปั่นป่วนในบึงประดิษฐ์ต่ำมาก ส่งผลให้ตะกอนฟอสฟอรัสสามารถตกตะกอนได้ง่ายกว่าการเดินระบบแบบเติมน้ำต่อเนื่อง

สำหรับประสิทธิภาพในการบำบัดโลหะหนัก โดยนำมาวิเคราะห์ตะกั่วและแคดเมียม จากผลการทดลองเดินระบบแบบต่อเนื่องและแบบเป็นกะ พบว่า แต่ละชุดทดลองประสิทธิภาพค่อยข้างใกล้เคียงกันทั้ง 4 ชุดทดลอง ยกเว้นชุดควบคุมที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าชุดทดลองอื่น ๆ อย่างชัดเจน และการเดินระบบแบบเป็นกะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าการเดินระบบแบบเติมน้ำต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจากกลไกสำคัญในการบำบัดตะกั่วของระบบบึงประดิษฐ์คือการตกตะกอนเคมี ซึ่งโดยปกติตะกั่วมักจะจับตัวกับสารละลายในน้ำกลายเป็นของแข็งและตะกอนบริเวณผิวหน้าของดินหรือตกสะสมอยู่บริเวณโพรงของรากพืช (Vymazal et al., 2016) ซึ่งการปลูกพืชในบึงประดิษฐ์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก โลหะหนักที่อยู่บริเวณโพรงรากพืชบางส่วนจะถูกรากดูดขึ้นมาและส่งต่อไปยังส่วนอื่นๆ ของพืช อีกทั้งพืชยังมีความสามารถคายออกซิเจนออกทางราก ช่วยให้จุลินทรีย์สามารถดำรงชีวิตได้ ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะทำหน้าที่ดูดซับโลหะหนักเข้าไปเก็บในเซล ซึ่งสามารถช่วยลดความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำได้ (Anna et al., 2014)

ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงชนิดของพืชและรูปแบบการเดินระบบที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้ (1) การปรับปรุงคุณภาพน้ำแบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 การปรับปรุงคุณภาพน้ำผิวดินให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ก่อนนำไปใช้ในการเพาะเลี้ยงปลาสลิด และกรณีที่ 2 การปรับปรุงคุณภาพน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงปลาสลิดให้ผ่านมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดก่อนระบายออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ (2) เปรียบเทียบระยะเวลาในการบำบัด หรือเวลากักพักทางชลศาสตร์ (day) ของบึงประดิษฐ์ที่ปลูกพืชชนิดต่าง ๆ และเดินระบบต่างกัน และ (3) ระยะเวลาในการบำบัดขั้นต่ำที่ใช้ ซึ่งสรุปว่ารูปแบบในการเดินระบบแบบต่อเนื่องและแบบเป็นกะ สามารถบำบัดน้ำคลองให้มีคุณภาพก่อนนำไปใช้ในการเพาะเลี้ยงได้ และสามารถบำบัดน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานก่อนระบายทิ้งได้ทั้ง 2 รูปแบบ แต่มีข้อดีข้อเสียและวิธีการใช้งานที่แตกต่างกัน ซึ่งเกษตรกรสามารถพิจารณานำไปใช้ได้ตามความเหมาะสม ดังนี้

1. รูปแบบการเดินระบบแบบต่อเนื่องเป็นรูปแบบที่เกษตรกรต้องใช้เครื่องสูบน้ำสูบน้ำจากคลองหรือสูบน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงเข้าไปในบ่อบึงประดิษฐ์ด้วยอัตราการไหลควบคุมที่มีระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ไม่น้อยกว่าระยะเวลาที่บึงประดิษฐ์ใช้ในการบำบัด รูปแบบนี้มีข้อดีคือต้องการระยะเวลาในการบำบัดน้อย ใช้พื้นที่บึงประดิษฐ์

น้อย แต่มีข้อเสียคือ หากเกษตรกรไม่สามารถควบคุมอัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำให้คงที่และเหมาะสมได้ บึงประดิษฐ์จะมีประสิทธิภาพลดต่ำลง รายละเอียดของรูปแบบการเดินระบบแบบเติมน้ำต่อเนื่องมีดังนี้

1.1 กรณีใช้บึงประดิษฐ์สำหรับปรับปรุงคุณภาพน้ำคลองก่อนนำไปใช้เพาะเลี้ยงควร ปลูกพืชผสมในบึงประดิษฐ์ประกอบด้วย บัว หญ้าแห้ว และธูปฤาษี ด้วยความหนาแน่น 16 ต้นต่อตารางเมตร และใช้ระยะเวลาในการบำบัดไม่น้อยกว่า 6 วัน

1.2 กรณีใช้บึงประดิษฐ์สำหรับปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงก่อนระบายทิ้ง ควรปลูกพืชผสมในบึงประดิษฐ์ประกอบด้วย บัว หญ้าแห้ว และธูปฤาษี ด้วยความหนาแน่น 16 ต้นต่อตารางเมตร และใช้ระยะเวลาในการบำบัดไม่น้อยกว่า 6 วัน

2. รูปแบบการเดินระบบแบบเป็นกะเป็นรูปแบบที่เกษตรสามารถปรับปรุงบ่อพักน้ำเดิมให้เป็นบึงประดิษฐ์ได้ง่ายกว่ารูปแบบการเดินระบบแบบเติมน้ำต่อเนื่อง เนื่องจากเกษตรกรสามารถปล่อยน้ำคลองหรือน้ำจากบ่อเพาะเลี้ยงเข้ามาขังไว้ในบ่อบึงประดิษฐ์ได้โดยไม่ต้องควบคุมอัตราการไหล แล้วทำการขังน้ำในบ่อไม่น้อยกว่าระยะเวลาการบำบัดที่ต้องการ ทั้งนี้ในการปล่อยน้ำเข้าไปในบึงประดิษฐ์ เกษตรกรสามารถที่จะปล่อยน้ำไหลเข้าบ่อด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกผ่านทางท่อเชื่อมระหว่างบ่อ หรือใช้เครื่องสูบน้ำก็ได้ แต่รูปแบบนี้มีข้อเสียคือ ต้องการระยะเวลาในการบำบัดนานกว่ารูปแบบการเติมน้ำต่อเนื่อง รายละเอียดมีดังนี้

2.1 กรณีใช้บึงประดิษฐ์สำหรับปรับปรุงคุณภาพน้ำคลองก่อนนำไปใช้เพาะเลี้ยง ควรปลูกพืชผสมในบึงประดิษฐ์ประกอบด้วย บัว หญ้าแห้ว และธูปฤาษี ด้วยความหนาแน่น 16 ต้นต่อตารางเมตร และใช้ระยะเวลาในการบำบัดไม่น้อยกว่า 30 วัน

2.2 กรณีใช้บึงประดิษฐ์สำหรับปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงก่อนระบายทิ้ง ควรปลูกพืชผสมในบึงประดิษฐ์ประกอบด้วย บัว หญ้าแห้ว และธูปฤาษี ด้วยความหนาแน่น 16 ต้นต่อตารางเมตร และใช้ระยะเวลาในการบำบัดไม่น้อยกว่า 12 วัน

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. (ม.ป.ป.). *ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ*. สืบค้นเมื่อ 26 กรกฎาคม 2560, จากการตรวจคุณภาพน้ำ เว็บไซต์: http://www.fisheries.go.th/ifphayao/matter/checkwater.html

กรมควบคุมมลพิษ. (2537). *ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน*. สืบค้นเมื่อ 26 กรกฎาคม 2560, จากมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน เว็บไซต์: http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05. html

ปัญจ์ปพัชรภร บุญพร้อม. (2554). การบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติโดยระบบบึงประดิษฐ์. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม*, 12(1), 21-30.

ฉัตรชัย ยาทะเล, วิไล รอดกลิ่น และ ศศิวรรณ เกตบท. (2554). *การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัด น้ำเสียจากชุมชนแบบระบบบึงประดิษฐ์ ด้วยพุทธรักษาและตาลปัตรฤาษี กรณีศึกษา : ชุมชนแม่หรั่งงอกงาม อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี*. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

จอมจันทร์ นทีวัฒนา. (2557). การบำบัดสารหนูโดยวิธีพืชบำบัดในดินและตะกอนดิน: กลไกและการจัดการ. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข.*, 42(4), 730-747.

สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์ และสมศักดิ์ เจริญวัย. (2543). *ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยพืชน้ำ (แปลงขนาด 5x25 เมตร และ 5x100 เมตร)*. รายงานการศึกษาวิจัย วิทยาศาสตร์การกำจัดขยะและการบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.

สุรีย์พร หอมวิเศษวงศา, กรรณิการ์ แก้วกิ้ม, อัจจนา ขำทิพย์, นันท์นภัส ลายทิพย์, เกษม พลายแก้ว และ ชัชวาลย์ ช่างทำา. (2559). *การปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำดินตะกอนและปลาสลิดในบ่อเลี้ยงปลาสลิด ตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ.* (รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์). สมุทรปราการ: มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.

Andersson, J. L., Bastviken, K. S., & Tonderski, K. S. (2005). Free water surface wetlands for wastewater treatment in Sweden - nitrogen and phosphorus removal. *Water Science and Technology, 51*(9), 39-46.

Anna, G. P., VéroniqueMasotti, P. H., Boudenne, J. L., Julien V. & Isabelle L.S. (2014). Constructed wetlands to reduce metal pollution from industrial catchments in aquatic Mediterranean ecosystems: A review to overcome obstacles and suggest potential solutions. *Environment International, 64,* 1-16.

Giuseppe B., Luigi D. C., & Jesper P. (2000). Guidelines for free water surface wetland design. *Ecosystem of Bangladesh, 8,* 51-91.

Vymazal, J., & Br˘ezinová, T. (2016). Accumulation of heavy metals in aboveground biomass of Phragmitesaustralis in horizontal flow constructed wetlands for wastewater treatment: A review. *Chemical Engineering Journal,* 290, 232-242.

Yaqian Z., Sean C., Mark P., Tristan G., Liam D. & Yuansheng H. (2013). Preliminary investigation of constructed wetland incorporating microbial fuel cell: Batch and continuous flow trials. *Chemical Engineering Journal, 229,* 364-370.