

ผลของเวลากักเก็บ พื้นที่ และฤดูกาล ในการกำจัดไนโตรเจนรวมและออร์โธฟอสเฟต
ในระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ชนิดเกาะลอยน้ำ

**Effects of Hydraulic Retention Time, Area and Season on Removal of Total
Nitrogen and Orthophosphate in Floating Island treatment wetlands in Thailand.**

เสริมศักดิ์ อาษา* และทัตพร คุณประดิษฐ์

วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย (adiCET) มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

*Email: sermsak_ars@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยกึ่งทดลองภายใต้สถานการณ์ธรรมชาติเพื่อทดสอบประสิทธิภาพระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ชนิดเกาะลอยน้ำ ในการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ภายใต้อิทธิพลของเวลากักเก็บพื้นที่และฤดูกาล แปลงทดลองใช้หญ้าแฝกที่ผ่านการคัดเลือกสายพันธุ์และทำการเลี้ยงให้โตเต็มที่ การทดลองทำการเปรียบเทียบพื้นที่ของเกาะลอยที่ต่างกัน 3 ขนาด โดยมีเวลากักเก็บ 1 2 และ 3 วัน และเก็บข้อมูลทั้งในฤดูหนาว ฤดูร้อนและฤดูฝน โดยสถานที่ทำการทดลองอยู่ที่ อ่างเก็บน้ำดิบเพื่อใช้ผลิตน้ำประปาของนิคมอุตสาหกรรมลำพูน ที่ปัจจุบันประสบปัญหาเรื่องการบานสะพรั่งของสาหร่าย ผลการทดสอบ พบว่าเกาะลอยที่มีพื้นที่มากที่สุดและเวลากักเก็บที่ 3 วันสามารถลดปริมาณไนโตรเจนรวมและออร์โธฟอสเฟตได้ที่สุด โดยในฤดูร้อนมีประสิทธิภาพสามารถบำบัดได้ดีกว่าฤดูหนาวและฤดูฝน โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

คำสำคัญ: บึงประดิษฐ์ชนิดเกาะลอยน้ำ ไนโตรเจนรวม ออร์โธฟอสเฟต

Abstract

This research is a quasi- experimental research under natural circumstances. This study was carried out to estimate the effectiveness of a floating Island treatment wetland for the removal of nitrogen and phosphorus under the influence of hydraulic retention time, area and seasonal. The trial of vetiver grass plants was selected breeding and rearing to mature. The experiment was compared different area with three sizes of floating island, while hydraulic retention time were 1, 2 and 3 days respectively. Data were collected during winter, summer and rainy seasons. The location of this research is the raw water supply reservoir for the Northern Industrial Estate in Lamphun province that has a problem about the algae bloom. The results showed the more space of floating island and hydraulic retention time at 3 days were the best treatment of total nitrogen and orthophosphate. The water treatment potential during the summer season is higher than that of the wet and rainy seasons ($P < 0.05$).

Keywords: Floating island treatment wetlands, total nitrogen, orthophosphate

บทนำ

ปัญหาการปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาติทำให้เกิด ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน มาจากน้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater) ซึ่งจะประกอบไปด้วยความสกปรกในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่สารอินทรีย์ ไชมัน น้ำมัน และ ตะกอนของแข็งต่าง ๆ และรวมถึงธาตุอาหารต่าง ๆ อันได้แก่ ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2547) ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาการบานสะพรั่งของสาหร่าย (Algae Bloom) ในแหล่งน้ำสำหรับแหล่งน้ำที่ใช้สำหรับเป็นแหล่งน้ำดิบของนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ จังหวัดลำพูน ซึ่งเป็นบ่อเก็บน้ำดิบขนาด 4000,000 ลูกบาศก์เมตร ใช้เก็บน้ำดิบเพื่อการผลิตน้ำประปารองรับการใช้งานภายในนิคม ที่ปัจจุบันประสบปัญหาเรื่องการบานสะพรั่งของสาหร่าย จากการที่สาหร่ายเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วทำให้ปกคลุมพื้นผิวน้ำซึ่งทำให้เกิดสภาพที่ไม่น่าดูและไม่สามารถนำมาผลิตน้ำประปาได้ ซึ่งปัญหาดังกล่าวเกิดจากน้ำดิบที่สูบจากลำน้ำแม่กวงนั้น ยังคงมีปริมาณสารไนโตรเจนรวมและอโรฟอสเฟตหลงเหลืออยู่ประมาณ 20-70 มิลลิกรัมต่อลิตรและ 4-7 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ เพราะลำน้ำแม่กวงไหลผ่านชุมชนหลายแห่ง จึงมีการปนเปื้อนจากน้ำเสียชุมชน ซึ่งปริมาณธาตุอาหารเมื่อเทียบกับค่าวิกฤต (Critical value) พบว่ามีค่าเกินจึงส่งผลให้เกิดการบานสะพรั่งของสาหร่ายได้ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2545) โดยสาหร่ายที่พบส่วนใหญ่คือกลุ่มสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว *Microcystis aeruginosa* กลุ่ม Cyanobacteria และเกิดปรากฏการณ์บานสะพรั่งก็จะสร้างสารไมโครซิสติน (Microcystins) ซึ่งเป็นสารมีพิษ (ภาสพล ธรรมตันติหิรัญ, 2555) จากปัญหานี้ทำให้การนิคมต้องแก้ปัญหาโดยการใช้น้ำประปาที่ผ่านการบำบัดแล้วในอ่างเก็บน้ำ (สิริแชน พงษ์สวัสดิ์, 2556) โดยมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยปีละ 120,000 บาท

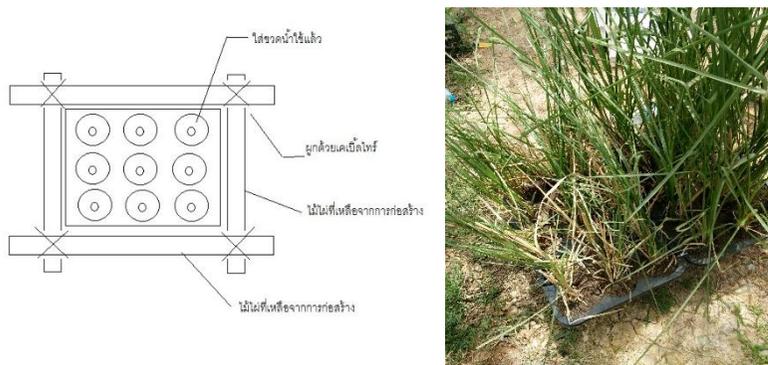
ปัจจุบันการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ธรรมชาติบำบัดเป็นที่นิยมเนื่องจากบำรุงรักษาได้ง่าย และค่าใช้จ่ายต่ำ ระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ชนิดเกาะลอยน้ำเป็นหนึ่งในระบบบำบัดที่ได้รับความสนใจสามารถลดปริมาณธาตุอาหารได้ดี (Headley&Tanner, 2008)โดยพืชที่ใช้มีหลากหลายชนิดซึ่งส่วนใหญ่จะนิยมใช้พืชในท้องถิ่น (Burney et.al., 2015) โดยในประเทศไทยหญ้าแฝก (*Vetiveria zizanioides*) จัดเป็นพืชที่พบมากได้ทุกภูมิภาคของประเทศไทย ซึ่งเป็นพืชที่ราคาไม่แพง (ต้นทุนต่อตารางเมตรประมาณ 70 บาท) รวมทั้งไม่ต้องบำรุงรักษาเป็นพิเศษ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงนำหญ้าแฝกมาประยุกต์ในระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์ชนิดเกาะลอยน้ำ โดยศึกษาถึงช่วงเวลากักเก็บ และขนาดของเกาะลอยน้ำในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ เพื่อลดปริมาณไนโตรเจนรวม และอโรฟอสเฟต ในแหล่งน้ำป้องกันปัญหาที่เกิดจากการบานสะพรั่งของสาหร่าย

วัตถุประสงค์และวิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยเป็นแบบเป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi- Experimental Research) โดยมีวิธีดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. ศึกษาถึงเวลาในการกักเก็บ (Hydraulic Retention Time, HRT) โดยคัดเลือกหญ้าแฝกที่โตเต็มที่และมีระบบรากที่ใหญ่เพื่อเลี้ยงในเกาะลอยซึ่งได้รับจาก กรมพัฒนาที่ดินเขต 6 เชียงใหม่ ทำการปลูกแฝกจำนวน 15 ต้น บนเกาะลอยขนาด 36x56 เซนติเมตร โดยวัสดุลอยน้ำที่ให้ชุดปลูกยึดเกาะจะใช้ไม้ไผ่ที่เหลือจากการก่อสร้าง ผูกด้วยเคเบิลไทร์ ท่อนั้นใช้ขวดน้ำขนาดเล็กเพื่อให้รากแฝกแทรกลงน้ำ

(ภาพที่ 1) จากนั้นทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพในการลดไนโตรเจนรวม (Total nitrogen, TN) และ ออโรฟอสเฟต (Orthophosphate, P-PO₄) ที่ระยะเวลาในการกักเก็บที่ 1, 2 และ 3 วัน



ภาพที่ 1 การติดตั้งเกาะลอยน้ำโดยใช้วัสดุเหลือทิ้งจากการก่อสร้าง

2. ศึกษาขนาดพื้นที่ของเกาะลอยต่อประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนรวม และออโรฟอสเฟต ซึ่งใช้ระยะเวลาในการกักเก็บที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากข้อที่ 1 โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 3 แบบ คือ ชุดการทดลองที่ 1 ทำการปลูกแฝกจำนวน 15 ต้น บนเกาะลอยขนาด 36x56 เซนติเมตร ชุดการทดลองที่ 2 ทำการปลูกแฝกจำนวน 30 ต้น บนเกาะลอยขนาด 36x72 เซนติเมตร ชุดการทดลองที่ 3 ทำการปลูกแฝกจำนวน 45 ต้น บนเกาะลอยขนาด 36x108 เซนติเมตร การทดลองทั้งสองส่วน ทำการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วง (Grab sampling) บริเวณเกาะลอยทั้งสามรูปแบบใกล้เคียงราก ลึกจากผิวน้ำประมาณ 10 เซนติเมตร โดยวิเคราะห์ไนโตรเจนรวม (Total nitrogen, TN) และออโรฟอสเฟต (Orthophosphate, P-PO₄) ตามวิธีของ APHA, AWWA and WEF (2005) (ตารางที่ 1) โดย ทำการศึกษาทั้ง 3 ชุด ทั้งช่วงฤดูหนาว (ธันวาคม พ.ศ. 2558 – มกราคม พ.ศ. 2559) ฤดูร้อน (มีนาคม – เมษายน พ.ศ. 2559) และฤดูฝน (พฤษภาคม พ.ศ. 2559)

ตารางที่ 1 แสดงดัชนีที่ใช้วัดและวิธีการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
ไนโตรเจนรวม	Photo Oxidation
ออโรฟอสเฟต	Ascorbic acid Method

(APHA, AWWA and WEF, 2005)

3. วิเคราะห์ผลการทดลองโดยหาค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัด ของชุดการทดลอง ที่มีเวลาในการกักเก็บ และพื้นที่ ในฤดูกาลต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน

ผลการวิจัย

ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนรวม และอโรฟอสเฟต โดยเกาะลอยที่มีระยะเวลาปักเก็บที่ต่างกัน ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นว่าประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนรวม และอโรฟอสเฟต มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการปักเก็บเพิ่มขึ้น โดยระยะเวลาในการปักเก็บที่ 3 วันพบว่า มีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับระยะเวลาในการปักเก็บอื่น ๆ โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้ง 3 ธัญ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพในการบำบัด ไนโตรเจนรวม และอโรฟอสเฟต ธัญพืชต่าง ๆ ที่ระยะเวลาในการปักเก็บแตกต่างกัน

ระยะเวลาในการปักเก็บ (วัน)	ไนโตรเจนรวม (ร้อยละ)			อโรฟอสเฟต (ร้อยละ)		
	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
1	17.54	20.73	21.60	18.52	21.30	25.00
2	32.56	38.00	36.73	32.41	37.96	39.81
3	56.14	54.92	51.85	46.36	52.76	63.41

ขณะที่ประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรเจนรวม และอโรฟอสเฟต โดยเกาะลอยที่มีพื้นที่ต่างกันทั้ง 3 ชุดการทดลอง ที่มีระยะเวลาในการปักเก็บ 3 วัน แสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นว่าประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนรวม และอโรฟอสเฟต มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อพื้นที่เกาะลอยน้ำ โดยพบว่าชุดการทดลองที่ 3 ประสิทธิภาพสูงที่สุดโดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กับชุดการทดลองที่ 2 และ 1 โดยฤดูกาลที่สามารถบำบัดได้ดีคือในช่วงฤดูร้อนซึ่งโดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) กับฤดูฝนและฤดูหนาว

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพในการบำบัด ไนโตรเจนรวม และอโรฟอสเฟต ทั้ง 3 ชุดการทดลองที่พื้นที่ที่แตกต่างกัน

ชุดการทดลอง	ไนโตรเจนรวม (ร้อยละ)			อโรฟอสเฟต (ร้อยละ)		
	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
1	46.36	54.06	53.58	56.01	59.31	39.87
2	52.76	59.10	55.63	58.22	61.46	44.02
3	63.41	66.30	59.98	61.88	63.37	49.26

อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เมื่อระยะเวลาในการกักเก็บเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการลดปริมาณ ไนโตรเจนรวม และอโรโพสเฟตจะเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Burney et.al. (2015) ที่ทำการทดสอบ เกาะลอยน้ำในเมืองฟัสโกเคาน์ตี ฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าระยะเวลาในการกักเก็บ 15.7 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนรวม ลดลงโดยประมาณร้อยละ 32 ซึ่งดีกว่าการทดลองที่มีระยะเวลาในการกักเก็บที่ น้อยกว่า และเมื่อเพิ่มพื้นที่เกาะลอยพบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนรวม และอโรโพสเฟตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เช่นกัน แต่ค่าไม่ได้เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนเท่าที่พื้นที่เพิ่มขึ้น โดยค่าความแตกต่างนั้นไม่แน่นอน มีตั้งแต่ร้อยละ 5- 33 ซึ่งจากงานวิจัยของอรพินทร์ ชูชม (2552) และ Wang&Sample (2014) ที่ทำการวิจัยแบบการวิจัยกึ่งทดลองเช่นกัน พบว่าผลการวิจัยในด้านการลดประสิทธิภาพของพืช 2 ชนิดก็มีประสิทธิภาพน้อยกว่าที่คาดหวังเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากการทดลองตามสภาพธรรมชาติอาจมีปัจจัยมากมาย ที่ทำให้ผลไม่เป็นที่คาดหวัง สำหรับสาเหตุที่ทำให้ พื้นที่ที่เพิ่มขึ้นไม่ได้เพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดปริมาณ ไนโตรเจนรวม และอโรโพสเฟตเป็นจำนวนเท่า นั้น อาจมีสาเหตุมาจากจำนวนพื้นที่ของเกาะที่ศึกษามีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับขนาดของสระ Burney et.al. (2015) พบว่าอัตราส่วนของพื้นที่เกาะลอยต่อแสงน้ำที่บำบัด ยังมีมากเท่าไร ผลของความคาดหวังจะมีค่ามากขึ้น ในส่วนของฤดูกาลพบว่าฤดูร้อนพบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดมากที่สุดทั้งนี้อาจเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสงของหญ้าแฝกที่มีมากกว่าฤดูกาลอื่น ขณะที่ฤดูฝนมีประสิทธิภาพต่ำที่สุด อาจเป็นเพราะมีแสงแดดน้อยและมีการเจือจางของปริมาณสารอาหารที่เข้มข้นน้อย ส่งผลต่อ ประสิทธิภาพในการลดประสิทธิภาพการลดไนโตรเจนรวมและอโรโพสเฟตในช่วงฤดูกาลนี้ลดลง

ข้อเสนอในงานวิจัยนี้พบว่า ควรมีการศึกษาจำนวนสาหร่ายที่อาจลดลง เนื่องจากมีการนำเกาะลอยน้ำมาติดตั้ง ส่งผลให้เกิดการบดบังแสง ทำให้สาหร่ายมีการสังเคราะห์แสงลดลง รวมทั้งอาจมีการแย่งธาตุอาหารเกิดขึ้น นอกจากนี้ควรศึกษาคุณภาพน้ำในพารามิเตอร์อื่นๆ เช่น บีโอดี ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ พีเอช และอุณหภูมิ น้ำ ไขมัน และกลุ่มโลหะหนักร่วมด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคุณคุณไพเชษฐา ธรรมภาณ ผู้จัดการบริษัท โกลบอล ยูทิลิตี้ เซอร์วิส จำกัดและทีมงานหน่วยปฏิบัติการนิคมอุตสาหกรรมภาคเหนือ (ลำพูน) ที่สนับสนุนด้านสถานที่วิจัย และ ขอขอบคุณวิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย (adiCET) มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ให้ความรู้และแนวทางในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. (2547). *วิศวกรรมกรากำจัดน้ำเสีย*. กรุงเทพฯ: เอส.อาร์.พรินติ้งแมสโปรดักส์ จำกัด.
- ธงชัย พรรณสวัสดิ์. (2544). *การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ*. กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

- ภาสพล ธรรมตันติหิรัญ. (2555). การควบคุมสาหร่ายชนิด *Microcystis aeruginos* โดยใช้สารกำจัดสาหร่าย. นนทบุรี: กรมชลประทาน สำนักวิจัยและพัฒนา.
- สิริเชา พงษ์สวัสดิ์. (2556). การศึกษาประสิทธิภาพและผลกระทบของการใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟต ในการกำจัดสาหร่ายพิษในแหล่งน้ำของกองทัพอากาศ ณ ที่ตั้งดอนเมือง. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 18 (1), 153-165.
- อรพินทร์ ชูชม . (2552). การวิจัยแบบการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi – Experimental Research). วารสารพฤกษศาสตร์, 15 (1), 1-15.
- Burney, R.V., Bays, J., Messer, R. & Harris, J. (2015). Floating wetland islands as a method of nitrogen mass reduction: results of a 1 year test. *Water Science & Technology*, 72(5), 704-10.
- Headley, T.R. & Tanner, C.C. (2008). Floating treatment wetlands: an innovative option for storm water quality applications. November 1-7, 2008 Indore, India 11th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control.
- APHA, AWWA & WEF. (2005). Standard method for the examination of water and wastewater. 21st. Washington, D.C.
- Wang, C.Y. & Sample, D.J. (2014). *Assessment of the nutrient removal effectiveness of floating treatment wetlands applied to urban retention ponds*. *Journal of Environmental Management*, 1(137), 23-35.