



ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนของระบบบึงประดิษฐ์ แบบลอยน้ำในการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงปลาดุก

Nitrogen Removal Efficiency of Floating Constructed Wetland System in Treating Catfish Farming Wastewater

Wiphada Wongruankaew* and Somanat Somprasert**

วิภาดา วงศ์เรือนแก้ว* และ โสมนัส สมประเสริฐ**

*สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา 56000

**สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา 56000

*E-mail : Wiphada.science16@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบชนิดพืช 2 ชนิด ในการบำบัดไนโตรเจน ด้วยระบบบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำ โดยใช้แบบจำลองระดับห้องปฏิบัติการขนาดความจุ 106 ลิตร ปลูกต้นกกฝรั่ง (*Cyperus spp.*) และต้นไทรส (*Neomarica spp.*) อย่างละ 3 ถัง แพสำหรับรองรับพืชสร้างจากโฟมขนาด 33x33x5 เซนติเมตร เจาะหลุมกว้าง 6.5 เซนติเมตร จำนวน 9 หลุม ป้อนน้ำเสียจากการเลี้ยงปลาดุกที่มีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ย 14 มก./ล. เข้าสู่ระบบเป็นแบบกะ (Batch) ระยะเวลาพักเก็บน้ำ 7 วัน จากการศึกษาพบว่าแบบจำลองที่ปลูกต้นกกฝรั่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจน ได้ดีเมื่อเทียบกับแบบจำลองที่ปลูกต้นไทรสและแบบจำลองที่ไม่ปลูกพืช แบบจำลองที่ปลูกกกฝรั่งมีประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนียไนโตรเจน ร้อยละ 77 เหลือปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ในน้ำออกจากระบบเฉลี่ย 3 มก./ล. และบำบัดแอมโมเนียไนโตรเจนได้ถึงร้อยละ 89 โดยมีแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำออกจากระบบ 0.7 มก./ล. กกฝรั่งสามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์และไนโตรเจนสูง โดยมีความสูงของลำต้นต้นกกฝรั่งเพิ่มขึ้น 42 เซนติเมตร และมีความยาวรากเพิ่มขึ้น 56 เซนติเมตร ความหนาแน่นของพืชเพิ่มขึ้นจาก 2 ต้น/ม² เป็น 25 ต้น/ม² และมีมวลชีวภาพเพิ่มขึ้น 1 กก./(ม²-วัน) ในขณะที่ต้นไทรสมีความสูงของพืชและความยาวรากเพิ่มขึ้นเพียง 39 และ 9.56 เซนติเมตร ตามลำดับ และมีมวลชีวภาพเพียง 0.07 กก./(ม²-วัน)

คำสำคัญ : บึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำ; กกฝรั่ง; ไทรส; น้ำเสียจากการเลี้ยงปลา; แอมโมเนียไนโตรเจน

Abstract

The objective of this study was to compare two type of plants to treat nitrogen in floating constructed wetland system. Laboratory scale models with the capacity of 106 liters planted with *Cyperus* spp. and *Neomarica* spp. three tanks each. The 33x33x5 cm. Styrofoam with nine 6.5 cm holes was used as plant supporter. The 14 mg TKN/L of catfish farming wastewater was batched feeding to the models with 7 days of hydraulic retention time. The study revealed that the model planted with *Cyperus* spp. had the highest nitrogen removal efficiencies comparing with the models with *Neomarica* spp. and the control systems. The model planted with *Cyperus* spp. had a TKN removal efficiency of 77% and left only 3 mg/L in an average of TKN in the effluent. In addition, ammonia removal efficiency was also high, 87%, with 0.7 mg/L of ammonia in the effluent. The *Cyperus* spp. grow well in the catfish farming wastewater with had high both organic and nitrogen loading. *Cyperus* spp. grew up 42 cm. of above ground part and increased 56 cm. of root part. Plant density increased from 2 shoots/m² to 25 shoots/m² with 1 kg/(m²-d) of biomass increasing. On the other hand, *Neomarica* spp. grew up 39 cm. of above ground part and 9.56 cm. of root part with only 1 kg/(m²-d) of biomass increasing.

Keywords : Floating Constructed Wetland; *Cyperus* spp.; *Neomarica* spp.; Fishery wastewater; Kjeldahl nitrogen

บทนำ

ปัจจุบันจังหวัดพะเยาประสบกับปัญหามลภาวะทางน้ำ โดยเฉพาะปัญหาคุณภาพน้ำของกว๊านพะเยาซึ่งเป็นแหล่งน้ำสำคัญของจังหวัดพะเยาเสื่อมโทรมลง พื้นที่ต้นน้ำของกว๊านพะเยาส่วนที่ไหลผ่านพื้นที่ทางการเกษตรก่อให้เกิดมลสารต่างๆ จากแหล่งกำเนิดที่ไม่ชัดเจน (Non-point source) เนื่องจากไม่มีการจัดการคุณภาพน้ำก่อนปล่อยออกจากพื้นที่

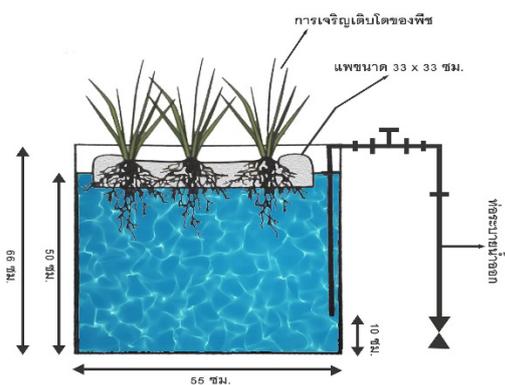
การบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชเป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจเพื่อใช้บำบัดน้ำเสียอย่างกว้างขวาง การบำบัดน้ำเสียโดยใช้บึงประดิษฐ์แบบพืชลอยน้ำ (Floating treatment wetland, FTWs) เป็นแนวทางใหม่สำหรับกำจัดสารอาหารในแหล่งน้ำ ระบบบำบัดโดยใช้พืชลอยน้ำเป็นระบบที่มีความสมดุลของมวลภายในระบบ โดยมีการหมุนเวียนของธาตุอาหารและสารต่างๆ นอกจากนี้บึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำมีความยืดหยุ่นต่อความลึกของแหล่งน้ำจึงประยุกต์กับพื้นที่ในการเลี้ยงปลาได้

ขงยุทธ [1] พบว่าพืชช่วยในการบำบัดน้ำเสียโดยการดูดซึมธาตุอาหารและมลสารอื่นๆ ที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต โดยผ่านระบบรากสู่ลำต้น Keizer-Vlek [2] รายงานว่าพืชที่นิยมปลูกในระบบบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำส่วนใหญ่ ได้แก่ ผักตบชวา (Water hyacinth) จอก (Water lettuce) และ แหน (Duckweed) โดยพืชแต่ละชนิดจะมีลักษณะการเจริญเติบโตและการดูดซับสารอาหารที่แตกต่างกัน สุวศา [3] พบว่าพืชช่วยเพิ่มเวลาในการสัมผัสระหว่างน้ำเสียและช่วยให้เกิดการตกตะกอนได้ดีในน้ำเสียจากการศึกษาของ Njau-Mlay [4] พืชที่จะนำมาบำบัดน้ำเสียควรมีลักษณะเป็นพืชที่สามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดีในท้องถิ่น ปรับตัวได้ดีในสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูง มีความสามารถในการส่งผ่านออกซิเจนสูง สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษได้ค่อนข้างกว้าง มีความสามารถในการดูดซึมและเก็บสะสมสารต่างๆ ได้ คงทนต่อโรคและแมลงได้ดี

งานวิจัยนี้จึงสังเกตเห็นความสำคัญในการเลือกชนิดพืชที่สามารถปลูกในระบบบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำได้ เนื่องจากการใช้พืชในกลุ่มพืชโพลีน้ำปลูกในระบบบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำมีพืชที่ให้พืชยึดเกาะน้อยอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและยังมีการศึกษาชนิดพืชกลุ่มนี้ไม่หลากหลายมากนัก โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้พืชโพลีพื้นน้ำสองชนิด ได้แก่ ไอริส และกกรงกา ปลูกในระบบบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำและป้อนน้ำเสียจากการเลี้ยงปลาซึ่งมีปริมาณสารอินทรีย์และไนโตรเจนในระดับสูง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดและลักษณะการเจริญเติบโตของพืชได้

อุปกรณ์และวิธีการ

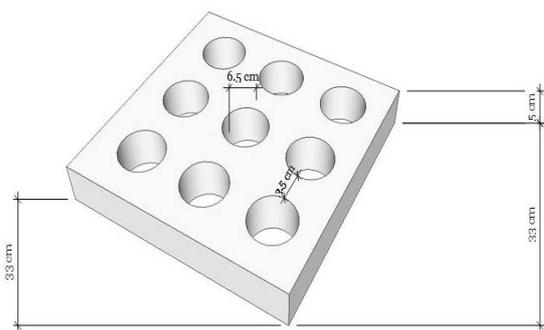
แบบจำลองระบบบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำ (FTWs) ที่ใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงปลา สร้างจากถังพลาสติก (Polyethylene) ขนาดความจุ 106 ลิตร สูง 66 เซนติเมตร (รูปที่ 1) โดยเป็นแบบจำลองระดับห้องปฏิบัติการ ความสูงระดับน้ำเสียอยู่ที่ความสูง 50 เซนติเมตร คิดเป็นปริมาตรน้ำเสียในแบบจำลอง 0.106 ลูกบาศก์เมตร พืชสองชนิดที่ใช้ปลูกในแบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้แก่ ไอริส



รูปที่ 1 แบบจำลองบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำ

(*Neomarica* spp.) จำนวน 3 ถัง (N1, N2, N3) และ กกรงกา (*Cyperus* spp.) จำนวน 3 ถัง (Cy1, Cy2, Cy3) พืชทั้งสองชนิดสามารถหาได้ง่าย เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ชุ่มน้ำ และมีระบบรากพืชที่ดี ช่วยในการดูดซับธาตุอาหาร เป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์ที่ช่วยในย่อยสลายของแข็งแขวนลอย การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบจำลองที่ไม่ทำการปลูกพืชเป็นระบบควบคุม ปลูกพืชลงบนแพปลูกต้นไม้ซึ่งทำมาจากแผ่นโฟมขนาด 33x33 เซนติเมตรหนา 5 เซนติเมตร เจาะหลุมกว้าง 6.5 เซนติเมตร โดยเลือกพืชที่มีอายุและขนาดใกล้เคียงกันปลูกลงบนแพ 1 หลุมต่อ 1 ถัง ความหนาแน่นพืชเริ่มต้นในแต่ละแบบจำลองอยู่ที่ 9 ต้น/ตร.ม.

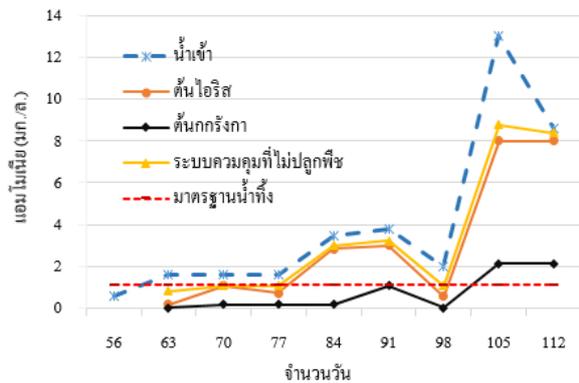
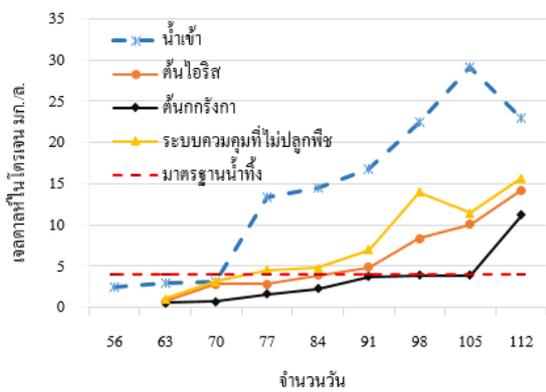
ป้อนน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลาในพื้นที่จังหวัดพะเยาเข้าสู่แบบจำลองแบบกะ (Batch) โดยระยะเวลาการเก็บน้ำ 7 วัน ในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการทดลองทำการเจือจางน้ำเสีย และค่อยๆ เพิ่มความเข้มข้นร้อยละ 25 และ 50 ตามลำดับ จากนั้นจึงทำการเก็บตัวอย่างน้ำเข้าและน้ำออกจากแบบจำลองทุกสัปดาห์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมไนโตรเจนและแอมโมเนีย และปริมาณสารอินทรีย์ในรูปซีไอดี รวมทั้งวัดการเจริญเติบโตของพืชจากการเพิ่มความสูงของลำต้น ความหนาแน่นของพืช และมวลชีวภาพของพืชที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง



ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดเจลดาล์ในโตรเจนของระบบบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำในการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงปลาตก โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 3 ชุด ได้แก่ แบบจำลองที่ปลูกด้วยต้นกกกรังกา (Cy1, Cy2, Cy3) แบบจำลองที่ปลูกด้วยต้นไทรส (N1, N2, N3) และแบบจำลองชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช พบว่าน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองมีความแปรผันของสารอินทรีย์และไนโตรเจนค่อนข้างมาก เนื่องจากชนิดของอาหารปลาซึ่งเปลี่ยนไปตามอายุของปลาที่เลี้ยง จึงทำให้น้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลามีค่าความเข้มข้นของสารอาหารไม่คงที่ ปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์ในโตรเจนโดยพบว่ามีค่าเจลดาล์ในโตรเจนในน้ำเข้าอยู่ในช่วง 2 ถึง 29 มก./ล. เฉลี่ย 14 มก./ล. และมีแอมโมเนียที่เข้าสู่แบบจำลองอยู่ในช่วง 0.5 ถึง 13 มก./ล. มีค่าเฉลี่ย 4 มก./ล. อัตราส่วนเจลดาล์ในโตรเจนต่อแอมโมเนียเฉลี่ย 3.5 สารอินทรีย์ในน้ำเสียมีความเข้มข้นในรูปของซีโอดีเฉลี่ยได้ 151 มก./ล. เมื่อทำการป้อนน้ำเสียเข้าสู่แบบจำลอง ระยะเวลาการกักเก็บน้ำ 7 วัน พบว่าในช่วง 40 วันแรก ของการทดลองพืชทั้งสองชนิดสามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดีในแบบจำลอง แต่เมื่อเริ่มเปลี่ยนชนิดของอาหารปลาซึ่งเป็นการเปลี่ยนอาหารตามอายุของปลา ทำให้อาหารในบ่อเลี้ยงปลาตกเพิ่มมากขึ้น พบว่าประสิทธิภาพในการ

บำบัดน้ำเสียของแบบจำลองที่ปลูกต้นไทรสลดลง สอดคล้องกับการเจริญเติบโตของพืชที่ลดลง โดยบำบัดเจลดาล์ในโตรเจนได้เพียงร้อยละ 62 เมื่อเทียบกับแบบจำลองที่ปลูกต้นกกกรังกา ซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัดเจลดาล์ในโตรเจนสูงกว่าโดยปริมาณเจลดาล์ในโตรเจนในน้ำออกเหลือเพียง 3 มก./ล. ค่าแอมโมเนีย และซีโอดีที่คงเหลือในน้ำที่ออกจากแบบจำลองที่ปลูกด้วยต้นกกกรังกาเฉลี่ย 0.7 มก./ล. และ 48 มก./ล. ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยผลสารในน้ำที่ออกจากระบบบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำที่ปลูกต้นกกกรังกาอยู่ในมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดประเภท ข. [5] ซึ่งกำหนดค่าให้มีค่าเจลดาล์ในโตรเจนไม่เกิน 4 มล./ล. และมีค่าแอมโมเนียไม่เกิน 1.1 มก./ล. สอดคล้องกับการศึกษาของ Njau-Mlay [4] และ Vymazal [6] พบว่าต้นกกกรังกาเป็นพืชที่สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพภูมิอากาศอากาศที่เปลี่ยนแปลง มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูง และมีความสามารถในการส่งผ่านออกซิเจน โดยนำออกซิเจนจากบรรยากาศที่เปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารได้ค่อนข้างกว้าง และความสามารถในการดูดซึมและสะสมสารอาหารต่างๆ ไปใช้ในการเจริญเติบโต จึงทำให้อัตราการลดปริมาณเจลดาล์ในโตรเจน แอมโมเนียได้ร้อยละ 77 และ 62 ตามลำดับ ดังแสดงตารางที่ 1



รูปที่ 2 ปริมาณไนโตรเจนของชุดการทดลอง

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนและสารอินทรีย์ในแต่ละชุดการทดลอง

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น, มก./ล.			
	ก่อนการบำบัด	หลังการบำบัด		
		กกรังกา	ไอริส	ชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช
TKN	14	3	5	7
NH ₃	4	0.7	3	3
COD	151	48	78	95

ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนและสารอินทรีย์สอดคล้องกับการเจริญเติบโตของพืชทั้งสองชนิด การเจริญเติบโตของพืชวัดได้จากการเพิ่มขึ้นของความสูงต้นพืชและรากพืช รวมทั้งความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น พืชที่นำมาปลูกในระบบจำลองคัดเลือกพืชที่มีขนาดต้นใกล้เคียงกัน โดยมีความสูงเฉลี่ยของลำต้น 30 เซนติเมตร และตัดรากพืชทั้งสองชนิดให้เหลือ 10 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3 พัฒพงษ์ [7] พบว่าก่อนนำพืชเข้าสู่ระบบจะคัดเลือกต้นพืชที่มีความสูงใกล้เคียงกันมาปลูกในระบบ โดยให้ระยะห่างระหว่างต้นเท่ากัน และปรับสภาพน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบให้มีความเข้มข้นประมาณ 25 ในสัปดาห์แรก แล้วค่อยๆ เพิ่มความเข้มข้นขึ้นทุกสัปดาห์ เพื่อให้พืชรุ่นเคยและสามารถปรับตัวในกำจัดสารอาหารในน้ำเสียได้มากขึ้น

ในช่วงเริ่มต้นของการทดลองต้นกกรังกาและต้นไอริสสามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว โดยมีการเจริญเติบโตทางด้านสรีรวิทยาของพืชในด้านความสูง การเพิ่มใบ การแตกหน่อ และการแตกแขนงของรากฝอยที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อทดลองได้ประมาณ 50 วัน ซึ่งเป็นระยะที่มีการเปลี่ยนชนิดอาหารปลา ทำให้

ปริมาณสารอาหารในบ่อปลาคูเพิ่มมากขึ้น พบว่าแบบจำลองที่ปลูกต้นไอริสมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์และไนโตรเจนลดลงจากเดิมที่สามารถบำบัดได้ร้อยละ 50 และ 67 ลดลงเหลือ 48 และ 62 ตามลำดับ การเพิ่มความสูงของไอริสลดลง ปลายใบแห้งมีสีน้ำตาล ก้านใบล่างที่ติดกับลำต้นจะเริ่มมีสีน้ำตาลอ่อนดังแสดงในรูปที่ 4ก, 4ข. พบว่าต้นไอริสเริ่มมีการเน่าของรากอย่างชัดเจนและแตกแขนงได้น้อยลง ความยาวรากจากไอริสลดลงจาก 16 เซนติเมตร ในช่วง 40 วันแรกของการทดลองเหลือเพียง 9.56 เซนติเมตร ในช่วงท้ายของการทดลอง (ประมาณ 112 วัน) เปรียบเทียบกับการทดลองของ Keizer-Vlek [2] ซึ่งใช้ต้นไอริสในระบบบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำและใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีเพียงไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยไม่มีสารอินทรีย์อื่น ซึ่งต้นไอริสสามารถเจริญเติบโตได้ดี จะเห็นได้ว่าสารอินทรีย์ในการทดลองครั้งนี้มีค่าสารอินทรีย์ในปริมาณที่สูงกว่าการทดลองของ Keizer-Vlek มาก จึงส่งผลให้ต้นไอริสไม่สามารถปรับตัวได้และทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียลดลงอย่างชัดเจน



กกกรังกา



ไอริส

รูปที่ 3 รากและส่วนของลำต้นที่โผล่ขึ้นเหนือน้ำของพืชทั้งสองชนิดในตอนเริ่มการทดลอง



4ก. รากและส่วนของลำต้นของกกกรังกา

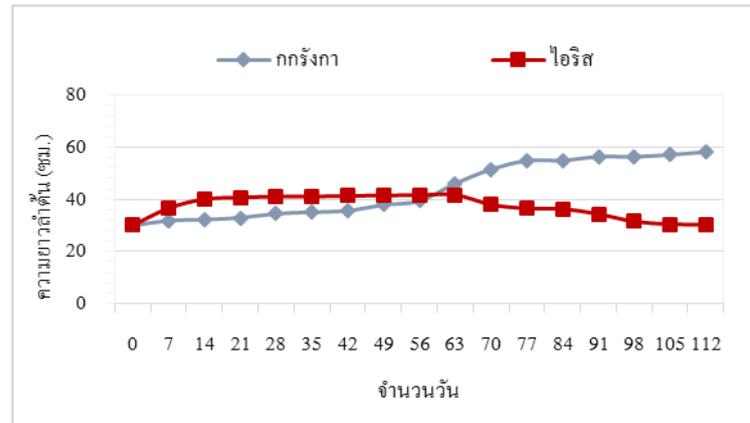


4ข. รากและส่วนลำต้นของไอริส

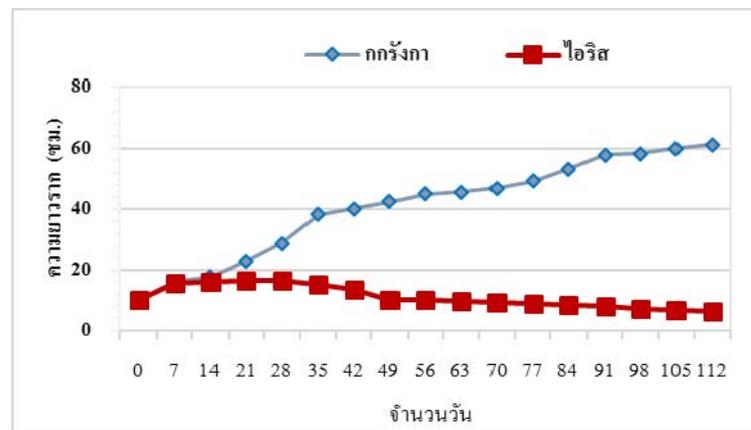
รูปที่ 4 สภาพของพืชทั้งสองเมื่อทดลองได้ 112 วัน

เมื่อเทียบกับแบบจำลองที่ปลูกต้นกกกรังกา พบว่าการเจริญเติบโตในส่วนของลำต้นมีความสูงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 42 เซนติเมตร เมื่อเทียบกับลำต้นของไอริสมีความสูงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 39 เซนติเมตร ตลอดการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนว่าเมื่อทดลองได้ประมาณ 50 วัน ความสูงของต้นกกกรังกาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ต้นไอริสมีความสูงลดลง เนื่องจากมีการแห้งตายลงของพืช ในส่วนของรากพืช กกกรังกาสามารถปรับตัวกับสภาพน้ำได้ดีกว่าอย่างชัดเจน แม้จะมีการเปลี่ยนอาหารปลาจาก การศึกษาเกี่ยวกับระบบบึงประดิษฐ์ พบว่าต้นกกกรังกาให้ประสิทธิภาพที่ดีในการบำบัดน้ำเสีย และมีความทนต่อสภาพน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงของ

Somprasert [8] และ Cooper and Boon [9] รายงานว่า ต้นกกกรังกาให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนได้สูงถึงร้อยละ 80 การเจริญเติบโตของรากที่ดี มีปริมาณรากแขนงเพิ่มมากขึ้นช่วยให้มีการดูดซึมสารอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืชได้ดีจึงทำให้มีความยาวรากเฉลี่ยสูงถึง 56 เซนติเมตร เพิ่มขึ้นร้อยละ 46 จากความยาวรากในตอนเริ่มต้นการทดลอง จากรูปที่ 6 พบว่ารากของกกกรังกามีแนวโน้มเพิ่มความยาวขึ้นตลอดการทดลอง ในขณะที่ต้นไอริสมีความยาวของรากเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วง 40 วันแรกของการทดลอง และมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นมลสารในน้ำมีค่าสูงขึ้น



รูปที่ 5 การเพิ่มความสูงของพีช



รูปที่ 6 การเพิ่มความสูงของรากพีช

ความสมบูรณ์ของรากพืชส่งผลโดยตรงกับประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนและสารอินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ลอยน้ำ โดยพบว่าแบบจำลองที่ปลูกกกิ้งกาที่ระบบรากเจริญได้ดีนั้น มีประสิทธิภาพในการบำบัดเจลดาล์ไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน และซีโอดีได้ร้อยละ 77, 62 และ 68 ตามลำดับ ในขณะที่แบบจำลองที่ปลูกด้วยต้นไอริส มีประสิทธิภาพการบำบัดเจลดาล์ไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน และซีโอดี ร้อยละ 62, 26 และ 48 ตามลำดับ ส่วนน้ำเสียในแบบจำลองชุดควบคุมซึ่งไม่มีการปลูกพืช

มีประสิทธิภาพในการบำบัดเจลดาล์ไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน และซีโอดี ร้อยละ 51, 16 และ 37 ตามลำดับ สอดคล้องรายงานของเกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ [10] และ U.S. EPA [11] ซึ่งระบุว่ากลไกหลักในการกำจัดไนโตรเจนในระบบบึงประดิษฐ์เกิดจากการออกซิไดซ์แอมโมเนียเป็นไนเตรทในปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันเกิดโดยจุลินทรีย์ที่ได้รับออกซิเจนถ่ายเทออกมาบริเวณผิวน้ำและบริเวณรอบรากพืช การส่งผ่านออกซิเจนถ่ายเทผ่านช่องว่างของใบและลำต้นไปยังระบบรากพืช ซึ่งออกซิเจนบางส่วนถูกปล่อยจากระบบ

ราก โดยอัตราการถ่ายเทออกซิเจนของพืชอยู่ในช่วง 5-45 กก.O₂/(ม².วัน) [8] สารอาหารบางส่วนของจุลินทรีย์ย่อยสลายได้จะถูกดูดซึมเข้าสู่ลำต้นของพืชผ่านระบบรากพืชเช่นกันทำให้พืชที่มีระบบรากที่ดีเจริญเติบโตได้ดีพบว่าต้นกกกรังกามีการแตกหน่อใหม่ขึ้นประมาณ 20-25 หน่อ มีความหนาแน่นของพืชเพิ่มขึ้นจาก 2 ต้น/ตร.ม. เป็น 25 ต้น/ตร.ม. และมีมวลชีวภาพเพิ่มขึ้น 1 กก./(ม².วัน) ในขณะที่ไอรสิมีมวลชีวภาพเพียงแก่ 0.07 กก./(ม².วัน) และมีความหนาแน่นของพืชเพิ่มขึ้นเพียง 3 ต้น/ตร.ม. อย่างไรก็ตามพบว่าต้นกกกรังกาซึ่งเจริญเติบโตได้ดี ทำให้น้ำหนักพืชเพิ่มมากขึ้นเกินกว่าแพปลุกต้นไม้ที่สร้างจากแผ่นโฟมจะรองรับน้ำหนักได้ ผู้วิจัยจึงเสนอว่าควรมีการสร้างแพปลุกต้นไม้จากวัสดุที่แข็งแรงขึ้นให้สามารถรับน้ำหนักของพืชได้ และควรมีการเก็บเกี่ยวพืชบางส่วนออกจากระบบเพื่อไม่ให้มีความหนาแน่นมากเกินไป ซึ่งจากการศึกษาของจากรุ่นที่มนัสสา และคณะ [12] พบว่าระบบบึงประดิษฐ์ที่ไม่มีการเก็บเกี่ยวพืชจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้ลดลงเมื่อความหนาแน่นพืชมากขึ้น โดยประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์หลังจากเก็บเกี่ยวพืชพบว่าวิธีการตัดความสูงต้นให้เหลือ 35 เซนติเมตร ถอนต้นพืชเดิมออกและปลูกใหม่ ถอนต้นพืชเดิมออกครั้งหนึ่ง และไม่มีการเก็บเกี่ยวพืช สามารถบำบัดไนโตรเจนได้เฉลี่ย 30, 42, 38 และ 35 มก./ล. ตามลำดับ

สรุป

พืชที่เหมาะสมกับระบบบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำเพื่อบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงปลาได้แก่ กกกรังกา (*Cyperus spp.*) โดยพืชมีแนวโน้มที่จะเจริญเติบโตได้ดีในน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลา มีการเจริญเติบโตของระบบรากที่ดี ช่วยให้มีความสามารถในการบำบัดเจลาตลในไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน และสารอินทรีย์ ได้

ร้อยละ 77, 62 และ 68 ตามลำดับ ส่วนไอรสิ (*Neomarica spp.*) ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำเสียที่มีปริมาณสารอินทรีย์และไนโตรเจนสูง เช่น น้ำเสียจากการเลี้ยงปลา จากการทดลองครั้งนี้พบว่าระบบบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำที่ปลูกต้นไอรสิมีประสิทธิภาพในการบำบัดเจลาตลในไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน และสารอินทรีย์ ได้เพียงร้อยละ 62, 26 และ 48 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามควรมีการสร้างแพปลุกต้นไม้จากวัสดุที่แข็งแรงขึ้น เนื่องจากเมื่อต้นไม้เจริญเติบโตมากขึ้นแพที่สร้างจากโฟมไม่สามารถรับน้ำหนักของพืชได้ และควรมีการเก็บเกี่ยวพืชออกจากระบบเพื่อไม่ให้พืชมีความหนาแน่นมากเกินไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Osodsapa, Y. 2000. Nutrient of Plant. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- [2] Keizer-Vlek, H.E., Verdonschot, P.F.M., Verdonschot, R.C.M., Dekkers, The Contribution of Plant uptake to nutrient Removal by Floating Treatment Wetlands. Ecol. Eng. 2014, 73, 684-690.
- [3] Kantawanichkul, S. 2003. Wastewater Treatment Performances of Horizontal and Vertical Subsurface Flow Constructed Wetland Systems in Tropical Climate. Faculty of Engineering, Chiang Mai University. (in Thai)
- [4] Njau, K. N. and H. Mlay. 2003. Wastewater Treatment and Other Research Initiatives with Vetiver Grass, pp. 231-240. In The Third International Conference on Vetiver and Exhibition – Vetiver and water. Guangdong Academy of Agricultural Sciences, South China

- Institute of Botany, Chinese Academy Sciences, South China Agricultural University, Guangdong Association of Grass Industry and Environment, Guangzhou.
- [5] Pollution Control Department. (2016, April 11). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Review from http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html#s13
- [6] Vymazal, J. 1995. Algae and Element Cycling in Wetlands. CRC press/Lewis Publishers, Florida, R.
- [7] Bunprom, P. 2009. Using Vetiver for Dairy Wastewater Treatment at Kasetsart University. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)
- [8] Somprasert, S., Junge, R. and Kantawanichkul, S. 2007. Effect of Plant Harvesting on Nitrogen Removal in Constructed Wetland System. Proceeding of ICEE 2007, Phuket Thailand: p.026-80. (in Thai)
- [9] Cooper, P.E. and Boon, A.G. 1987. Aquatic Plants for Wastewater Treatment and Resource Recovery. Orlando: Magnolia Public.
- [10] Udomsinrot, K. Efficiency of *Canna warscewiczii* Dietr. for Domestic Wastewater Treatment Using Subsurface System Constructed Wetland. J. Environ. Manage. p.89-99.
- [11] U.S. EPA. 1988. Design Manual. Constructed Wetlands and Aquatic Plant System for municipal Wastewater Treatment. Office of Research and development. Center of environment Research information. Cincinnati, OH. EPA/625/1-88/022.
- [12] Manussa, J., Somprasert, S., Boonruenya, J. and Ruenmoon, R. 2014. Effect of Umbrella Plant (*Cyperus flabelliformis*) in Harvesting Methods on removal efficiency in Constructed Wetland System. 13th International Conference on Environmental, March 27-29, Twin Tower Hotel Bangkok. (in Thai)