บทที่ 4

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของแหนร่วมกับระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย

ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen)

ผลการศึกษาปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดพบว่าเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.98 มก./ล. ซึ่งคิดเป็น 20% เมื่อเทียบกับน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด การเพิ่มขึ้นของปริมาณออกซิเจนละลายเกิดจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของแหนและการส่งผ่านออกซิเจนโดยรากพืช (Moorhead and Reddy, 1998) ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำคือปริมาณแสงแดด

บีโอดี (BOD_5)

ที่อัตราภาระบรรทุกบีโอดีเฉลี่ย 12.83 กรัม บีโอดี/ตร.ม.วัน อัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์เฉลี่ย 0.36 ลบ.ม./ตร.ม.วัน และระยะเวลาเก็บกักเฉลี่ย 3.78 วัน พบว่าระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีเฉลี่ย 23% ประสิทธิภาพในการบำบัดขึ้นกับค่าคงที่อัตราการบำบัดสารอินทรีย์ (K_b) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0218 เมตร/วัน กลไกสำคัญในการบำบัดบีโอดีคือการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ (Cooper et al., 1996) และเมื่อพิจารณาเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ไม่เกิน 20 มก./ล. บีโอดี พบว่ามีเพียงบางเดือนเท่านั้นที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งนี้ถ้าจะนำระบบนี้มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียควรจะเพิ่มบ่อเติมอากาศอีกหนึ่งบ่อเพื่อลดปริมาณบีโอดีก่อนเข้าระบบให้น้อยลงก่อนที่จะทำการบำบัดด้วยแหน

ของแข็งแขวนลอย (TSS)

ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียหลังผ่านระบบบ่อบำบัดน้ำเสียมีค่าเฉลี่ย 25 มก./ล ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนที่กำหนดไว้ไม่เกิน 40 มก./ล. ประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยอยู่ที่ 29% ซึ่งกลไกหลักในการกำจัดของแข็งแขวนลอยคือการตกตะกอนและการกรอง นอกจากนี้การปกคลุมของแหนยังช่วยลดการเกิดของสาหร่ายสีเขียวซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการ

เพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งแขวนลอยในระบบบ่อบำบัดน้ำเสียและยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอนได้อีกด้วย

ฟอสฟอรัส (TP)

ปริมาณของฟอสฟอรัสของน้ำเสียก่อนและหลังผ่านระบบบ่อบำบัดน้ำเสียมีค่าเฉลี่ย 1.03 มก./ล. และ 0.72 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดฟอสฟอรัสของระบบเท่ากับ 32% กลไกหลักที่สำคัญในการกำจัดฟอสฟอรัสคือการสะสมและการนำไปใช้โดยพืช นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อระยะเวลาเก็บกักเพิ่มขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดเพิ่มขึ้นด้วย

เจลดาลห์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจน (TKN and NH_3-N)

ปริมาณเจลดาลห์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนของน้ำเสียหลังผ่านระบบมีค่าเฉลี่ย 24.12 มก./ล. และ 20.65 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนที่กำหนดไว้ไม่เกิน 35 มก.ไนโตรเจน/ล. ประสิทธิภาพการบำบัดเจลดาลห์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจนของระบบมีค่าเฉลี่ย 6 และ 8% ตามลำดับ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัดค่อนข้างต่ำ กลไกหลักในการบำบัดเจลดาลห์ไนโตรเจนคือ การสะสมในพืชและถูกกำจัดออกโดยการเก็บเกี่ยวและการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชัน

ฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal coliform bacteria)

ประสิทธิภาพในการกำจัดฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียของระบบเฉลี่ยเท่ากับ 99% ซึ่งถือว่าสูงมากและค่าคงที่อัตราการตาย (k_d) ของฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีค่าเท่ากับ 0.382 วัน$^{-1}$ ซึ่งกลไกหลักในการกำจัดฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียคือการตายด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตในแสงอาทิตย์และการเพิ่มขึ้นของปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำหลังผ่านการบำบัด

พีเอช

ค่าพีเอชของน้ำเข้าและออกระบบพบว่าค่าพีเอชของน้ำเข้าและออกมีค่าอยู่ในช่วง 7.1-7.7 เฉลี่ย 7.4 และ 7.2-8.1 เฉลี่ย 7.5 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนได้กำหนดค่าพีเอชของน้ำทิ้งจะต้องอยู่ในช่วงพีเอช 5-9 เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าระบบที่ใช้แหนในการบำบัดน้ำเสียนั้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน ซึ่งระบบนี้เป็นระบบที่ไม่ทำให้ค่าพีเอชของน้ำเปลี่ยนแปลงมากนัก

สรุปผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและระยะเวลาการเก็บเกี่ยวของแหน

ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของแหนพบว่าแหนสามารถผลิตชีวมวลเฉลี่ยได้ 98 กรัม/ตารางเมตร.วัน ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวเท่ากับ 10 วัน ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตนั้นขึ้นกับปริมาณสารอาหารในน้ำและปริมาณแสงแดดในแต่ละฤดูกาล จากผลการศึกษาพบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนระยะเวลาการเก็บเกี่ยวแหนออกจากระบบอยู่ที่ 10 วัน

สรุปผลการศึกษาการหาค่าคงที่ทางจลพลศาสตร์ของการบำบัดน้ำเสียของระบบที่ใช้แหนในการบำบัดน้ำเสียร่วมกับระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย

ผลการทดลองพบว่าค่าคงที่อัตราการบำบัดสารอินทรีย์ (K_b) อยู่ในช่วง 0.04-0.32 เมตร/วัน เฉลี่ย 0.19 เมตร/วัน และประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ในรูปแบบบีโอดีของระบบนั้นขึ้นกับค่าคงที่อัตราการบำบัด ระยะเวลาเก็บกักและอัตราภาระบรรทุกบีโอดี พบว่าเมื่อค่าคงที่อัตราการบำบัดและอัตราภาระบรรทุกบีโอดีเพิ่มขึ้นและระยะเวลาเก็บกักมีค่าลดลง ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ของระบบมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Noemi Ran et al. (2004) ซึ่งได้รายงานไว้ว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์นั้นขึ้นกับค่าคงที่อัตราการบำบัดน้ำเสียของแหน (K_b) และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.28±0.08 เมตร/วัน และในส่วนของค่าคงที่อัตราการตายของฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (k_d) ของระบบมีค่าเท่ากับ 0.382 วัน$^{-1}$ ซึ่งกลไกหลักในการกำจัดฟีคอลคอลิฟอร์มของระบบคือการตายโดยรังสีอัลตราไวโอเลตและการเพิ่มขึ้นของปริมาณออกซิเจนละลาย ซึ่งค่า k_d ที่ได้จากการทดลองนั้นมีค่าใกล้เคียงกับของ Zimmo (2003) ที่ได้มีการรายงานไว้ว่าค่า k_d ของระบบที่ใช้แหนในการบำบัดน้ำเสียมีค่าอยู่ในช่วง 0.16-0.45 วัน$^{-1}$ ในช่วงฤดูร้อนและมีค่า 0.09-0.14 วัน$^{-1}$ ในช่วงฤดูหนาว

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ผลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดสามารถนำมาสรุปและสร้างเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบระบบบ่อบำบัดน้ำเสียที่ใช้แหนในการบำบัดน้ำเสียร่วมกับระบบบ่อบำบัดน้ำเสียได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบระบบบ่อบำบัดน้ำเสียที่ใช้แหนในการบำบัดน้ำเสียร่วมกับระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย (Suggested Criteria for Secondary Treatment with Duckweed (Spirodella polyrhiza) in an Oxidation Ponds)

พารามิเตอร์ที่ใช้ออกแบบ	เกณฑ์การออกแบบ
น้ำออกจากระบบ (Effluent)	บีโอดี (BOD) < 20 มก./ล. ของแข็งแขวนลอย (TSS) < 30 มก./ล. เจลดาลห์ไนโตรเจน (TKN) < 35 มก./ล.
น้ำเสียเข้าระบบ (Influent)	ผ่านการบำบัดขั้นต้น
อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic loading rate)	
- บีโอดี (BOD_5)	13 กรัม บีโอดี/ตร.ม.วัน
- ไนโตรเจนในรูป TKN	10 กรัม เจลดาลห์ไนโตรเจน/ตร.ม.วัน
ความลึกของบ่อบำบัด (depth)	น้อยกว่า 1.2 เมตร
อัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ (hydraulic loading rate)	0.36 ลบ.ม./ตร.ม.วัน
ระยะเวลาเก็บกักน้ำ	3-6 วัน
อุณหภูมิน้ำ	สูงว่า 25 ^{0}ซ
อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง	มากกว่า 2:1
ระยะเวลาเก็บเกี่ยว (harvest schedule)	ทุกๆ 10 วัน
การควบคุมลูกน้ำยุงลาย (Mosquito control)	ไม่จำเป็น

4.2 ข้อเสนอแนะ

1. น้ำเสียที่เข้าระบบควรมีการบำบัดด้วยระบบบ่อเติมอากาศก่อนเพื่อลดค่าสารอินทรีย์ก่อนเข้าระบบให้น้อยลงก่อน
2. ระบบบ่อบำบัดน้ำเสียจะต้องมีการควบคุมอัตราการไหลให้คงที่เพื่อที่ได้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด
3. ระบบบ่อบำบัดน้ำเสียควรมีการแยกท่อน้ำฝนออกจากน้ำเสียเพื่อป้องกันน้ำฝนเข้ามารวมกับน้ำเสียในระบบบ่อบำบัด