ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
247169

การบำบัดฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำธรรมชาติโดยใช้ผักตบชวาและแกลบดำ

นายสิทธิชัย หอมหวน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
คณะพัฒนาการเกษตรและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลพระนครศรีอยุธยา
พ.ศ. 2554

b00252983

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
247169

การบำบัดฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำเสียชุมชนโดยใช้บัวหลวงและกกราชินี

นายสิทธิชัย ทองทา วท.บ. (เทคโนโลยีชีวภาพ)

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ
คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
พ.ศ. 2554

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(รศ.ดร.ภาวิณี ชัยประเสริฐ)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รศ.ดร.ไพทิพย์ ธีรเวชญาณ)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ (ร่วม)
(ผศ.ดร.สุดารัตน์ ตรีเพชรกุล)

..... กรรมการ
(รศ.บุษยา บุนนาค)

..... กรรมการ
(รศ.ดร.เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การบำบัดฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำเสียชุมชนโดยใช้บัวหลวงและกกราชินี
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นายสิทธิชัย ทองทา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.ไพทิพย์ ธีรเวชญาณ
	ผศ.ดร.สุดารัตน์ ตรีเพชรกุล
หลักสูตร	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	การจัดการทรัพยากรชีวภาพ
สายวิชา	การจัดการทรัพยากรชีวภาพ
คณะ	ทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี
พ.ศ.	2554

247169

บทคัดย่อ

สารประกอบฟอสฟอรัสเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหายูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำเสียชุมชน การศึกษานี้ได้ประยุกต์วิธีไฟโตรีมิดิเอชัน (Phytoremediation) ในการบำบัดฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำเสียชุมชนโดยใช้บัวหลวงและกกราชินีเป็นพืชทดสอบ ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบประมาณ 1.038±0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาการบำบัด 5 วันพบว่าการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ใช้บัวหลวงและกกราชินีเป็นพืชทดลองสามารถบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชนได้ร้อยละ 90 และ 95 ตามลำดับ นอกจากนี้ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ใช้พืชทดสอบทั้ง 2 ชนิดยังสามารถลดค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และปริมาณค่าความสกปรกของน้ำเสียชุมชนในรูปของค่าซีโอดีได้ จากการบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชน 5 รอบการทดลอง (ระยะเวลารวม 75 วัน) พบว่าพืชทั้งสองสามารถเจริญเติบโตได้ภายใต้สภาพดังกล่าว โดยกกราชินีมีการเจริญเติบโตซึ่งวัดในรูปน้ำหนักสดสูงกว่าบัวหลวงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การดูดซึมฟอสฟอรัสโดยพืช จุลินทรีย์ และดินในระบบบำบัด พบว่าการดูดซึมฟอสฟอรัสโดยพืช จุลินทรีย์ในน้ำเสียชุมชน จุลินทรีย์ในดิน การดูดซับของดิน และส่วนอื่นๆ มีค่าสำหรับระบบบำบัดที่ใช้บัวหลวงร้อยละ 36, 7, 1, 51 และ 5 ตามลำดับ และสำหรับระบบบำบัดที่ใช้กกราชินีเป็นพืชทดสอบร้อยละ 41, 7, 1, 51 และ 0 ตามลำดับ เมื่อศึกษาจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในระบบการทดลองโดยใช้วิธี Polymerase chain reaction - Denaturing gradient gel electrophoresis (PCR-DGGE) และ DNA Amplification พบว่าจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในระบบทดลองที่มีการปลูกพืชเป็นจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Pseudomonas* sp. การใช้บัวหลวงและกกราชินีจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งใน

247169

การบำบัดฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำเสียชุมชนที่มีประสิทธิภาพสูง เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเนื่องจากไม่มีการใช้สารเคมีในการบำบัดฟอสฟอรัส

คำสำคัญ : ฟอสฟอรัส / น้ำเสียชุมชน / ไฟโตรีมิดิเอชัน / บัวหลวง / กกราชินี

Thesis Title	Phosphorus Removal from Domestic Wastewater by *Nelumbo nucifera* Gaerth and *Cyperus alternifolius* L.
Thesis Credits	12
Candidate	Mr. Sitthichai Thongtha
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Paitip Thiravetyan
	Asst. Prof. Dr. Sudarut Tripetchkul
Program	Master of Science
Field of Study	Natural Resources Management
Faculty	School of Bioresources and Technology
B.E.	2554

Abstract

247169

Phosphorus causes eutrophication in domestic wastewater. In this study, phytoremediation is applied for phosphorus removal in domestic wastewater with initial phosphorus concentration of 1.038 ± 0.003 mgl^{-1} using *Nelumbo nucifera* Gaerth and *Cyperus alternifolius* L. as the tested plants. From the experiment, it was found that phosphorus in domestic wastewater treated by other *N. nucifera* Gaerth and *C. alternifolius* L. could be removed within 5 days. and phosphorus remaining in the effluents was 90% and 95 %, respectively. In addition, phytoremediation using *N. nucifera* Gaerth and *C. alternifolius* L. can also reduce TKN, TDS and COD in the effluents. After 75 days of experimentation, both of *N. nucifera* Gaerth and *C. alternifolius* L. survive and were growing well. Plant growth in terms of fresh weight of *C. alternifolius* L. was significantly higher than that of *N. nucifera* ($p<0.05$). but the percent of *N. nucifera* Gaerth's growth compared with the control set was greater than *C. alternifolius* L.'s growth. The results showed that *N. nucifera* Gaerth uptake nutrients for growth from domestic wastewater at higher levels than *C. alternifolius* L. For the relationship between plants, microorganisms and soil in this experiment, it was found that the treatment system using *N. nucifera* Gaerth as the tested plant, wastewater microbes, soil microbes, soil adsoption and others could reduce phosphorus for 36, 7, 1, 51 and 5%, respectively. Meanwhile

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาเรื่องการบำบัดฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำเสียชุมชนโดยใช้บัวหลวงและกกราชินีนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากหลายท่านที่ได้อนุเคราะห์และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งรองศาสตราจารย์ ดร.ไพทิพย์ ธีรเวชญาณ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดารัตน์ ตรีเพชรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ความกรุณาให้ข้อแนะนำอันทรงคุณประโยชน์เกี่ยวกับการศึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จนสมบูรณ์ ให้คำปรึกษาเอาใจใส่ดูแลและให้กำลังใจมาโดยตลอด นักศึกษารู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ภาวิณี ชัยประเสริฐ รองศาสตราจารย์ บุษยา บุนนาค และรองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ ที่ได้กรุณาสละเวลามาเป็นประธานและคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ ดร.สมเกียรติ เตชกาญจนารักษ์ คุณนิมารดี บุญอาพัทธิ์เจริญ และ คุณสุมนา กุลละวณิชย์ นักวิจัยหน่วยปฏิบัติการวิจัยและพัฒนาวิศวกรรมชีวเคมีและโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในการวิเคราะห์กลุ่มจุลินทรีย์โดยเทคนิค Polymerase chain reaction - Denaturing gradient gel electrophoresis (PCR-DGGE) และ DNA Amplification ขอขอบคุณโครงการพัฒนาเสริมสร้างความรู้และงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ระบบโลก (KMUTT-Earth Systems Science Research and Development Center)ที่ให้ทุนในการศึกษา และการศึกษาวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้จะสำเร็จลงไม่ได้ หากไม่ได้รับความช่วยเหลือจาก คุณประไพ ธุรกิจ และพี่ๆนักวิจัย Remediation Laboratory สายวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้การสนับสนุนด้านอุปกรณ์ สถานที่ทำการทดลอง ให้ความช่วยเหลือชี้แนะและให้กำลังใจที่ดีในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณจากใจจริง ความดีและประโยชน์ใดๆ ที่เกิดจากการศึกษานี้ ผู้ศึกษาขอมอบแด่ บิดา มารดา ตลอดจนบุคคลในครอบครัว และคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา จนประสบผลสำเร็จในการศึกษาและในการทำวิจัยในครั้งนี้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ค
กิตติกรรมประกาศ		จ
สารบัญ		ฉ
รายการตาราง		ฌ
รายการรูปประกอบ		ฎ
รายการสัญลักษณ์และคำย่อ		ฏ
บทที่		
1. บทนำ		**1**
1.1	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2	วัตถุประสงค์	3
1.3	ขอบเขตในการดำเนินงานวิจัย	3
1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
2. ตรวจเอกสาร		**6**
2.1	น้ำเสียจากแหล่งชุมชน	6
2.1.1	องค์ประกอบของน้ำเสียชุมชน	7
2.2	สารประกอบฟอสฟอรัส	9
2.2.1	รูปสารประกอบของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำธรรมชาติและน้ำทิ้ง	9
2.2.2	แหล่งระบายสารประกอบฟอสฟอรัส	9
2.2.3	วัฏจักรของฟอสฟอรัส	10
2.3	ความสำคัญของฟอสเฟต	11
2.4	มลภาวะจากสารประกอบฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำ	11
2.5	การกำจัดฟอสฟอรัส	12
2.5.1	การกำจัดฟอสฟอรัสทางกายภาพ	12
2.5.2	การกำจัดฟอสฟอรัสทางเคมี	12

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
2.5.3	การกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ	12
2.6	การบำบัดสารมลพิษในแหล่งน้ำเสียชุมชนโดยใช้เทคโนโลยี Phytoremediation	13
2.6.1	กลไกในการดูดฟอสฟอรัสของพืช	14
2.6.2	บัวหลวง	17
2.6.3	กกราชินี	20
2.7	จุลินทรีย์ต่อการหมุนเวียนฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำและดิน	21
3. วิธีการดำเนินการศึกษา		**26**
3.1	สถานที่ทำการศึกษาวิจัย	26
3.2	ระยะเวลาทำการศึกษาวิจัย	26
3.3	วัสดุในการทดลอง และการเตรียมพืชทดลอง	26
3.3.1	พืชทดลอง	26
3.3.2	การเตรียมพืชทดลอง	27
3.3.3	ดิน	27
3.3.4	น้ำเสียชุมชน	27
3.4	การทดลอง	28
3.4.1	การศึกษาสมบัติทางกายภาพ และเคมีของน้ำเสียชุมชนเขตทุ่งครุ	28
3.4.2	การศึกษาความสามารถในการบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชนโดยพืชน้ำ	28
3.4.2.1	การเปรียบเทียบความสามารถในการบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชนโดยพืชน้ำ	28
3.4.2.2	การศึกษาความสามารถในการบำบัดฟอสฟอรัสของบัวหลวง และกกราชินี	30
3.4.3	การศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างพืช ดิน และกลุ่มจุลินทรีย์ในการบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชนโดยใช้บัวหลวงและกกราชินี	31
3.4.4	การศึกษากลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้ฟอสฟอรัสเป็นแหล่งอาหารในน้ำเสียชุมชน	33

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
3.5	วิธีการวิเคราะห์	34
3.5.1	การวิเคราะห์ทางกายภาพ และเคมีของน้ำเสียชุมชน	34
3.5.2	การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในพืช	34
3.5.3	การวิเคราะห์น้ำหนักสดของบัวหลวงและกกราชินี	36
3.5.4	การวิเคราะห์กลุ่มจุลินทรีย์ โดยเทคนิค PCR-DGGE	36
3.6	การวิเคราะห์ข้อมูล	39
4. ผลการศึกษา		**40**
4.1	การศึกษาสมบัติทางกายภาพ และเคมีของน้ำเสียชุมชนเขตทุ่งครุ	41
4.2	การบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชนโดยพืชน้ำ	42
4.2.1	การศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชนโดยพืชน้ำ	42
4.2.2	การศึกษาความสามารถในการบำบัดฟอสฟอรัสของบัวหลวง และกกราชินี	44
4.3	การศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างพืช ดิน และกลุ่มจุลินทรีย์ในการบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชนโดยใช้บัวหลวงและกกราชินี	50
4.4	การศึกษากลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้ฟอสฟอรัสเป็นแหล่งอาหารในน้ำเสียชุมชน ดิน รากบัวหลวง และรากกกราชินี	52
4.5	แนวทางการจัดการการบำบัดฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำเสียชุมชน	55
5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ		**57**
5.1	สรุปผลการศึกษา	57
เอกสารอ้างอิง		**59**
ประวัติผู้วิจัย		**65**

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำเสียชุมชนในประเทศไทย	6
2.2	ค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำเสียจากบ้านเรือนในกรุงเทพมหานคร	7
2.3	องค์ประกอบของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ในน้ำเสียจากชุมชนที่ยังไม่ผ่านการบำบัด	8
2.4	พืชที่มีการศึกษานำมาใช้ในการบำบัดฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำเสียชุมชน	13
2.5	จุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์ที่ย่อยละลายฟอสฟอรัสรูปต่างๆได้	23
2.6	การย่อยละลายอนินทรีย์ฟอสฟอรัสโดยกรดอินทรีย์จากจุลินทรีย์	24
3.1	วิธีการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติน้ำเสีย	34
3.2	PCR primers และ PCR condition	38
4.1	สมบัติทางเคมีของน้ำเสียชุมชนตั้งต้นในเขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร	41
4.2	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดโดยพืช 5 ชนิดคือ บัวหลวง บัวสี บัวสาย กกราชินี และธูปฤาษี ที่ช่วงระยะเวลาการบำบัด 9 วัน	43
4.3	ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดโดยพืช 5 ชนิดคือ บัวหลวง บัวสี บัวสาย กกราชินี และธูปฤาษี ที่ช่วงระยะเวลาการบำบัด 9 วัน	43
4.4	การบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชนโดยใช้บัวหลวง และกกราชินี ที่ระยะเวลาต่างกัน	45
4.5	ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำเสียชุมชนโดยใช้บัวหลวงและกกราชินีที่ระยะเวลาต่างกัน	45
4.6	ผลการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้บัวหลวง และกกราชินีในระยะเวลา 5 วัน	47
4.7	เปรียบเทียบการบำบัดฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำเสียชุมชนโดยกระบวนการ Phytoremediation และกระบวนการที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน (Activatedsludge + Chemical process)	48
4.8	แสดงเปอร์เซ็นต์ Organic matter Carbon Nitrogen และ Phosphorus ในบัวหลวงและกกราชินีหลังการบำบัดน้ำเสียชุมชนเป็นเวลา 75 วัน	49

247169

plant, wastewater microbes, soil microbes, soil adsoption and others could reduce phosphorus for 36, 7, 1, 51 and 5%, respectively. Meanwhile in a *C. alternifolius* L. system. phosphate could be reduced for 41, 7, 1, 51 and 0 %, respectively. Polymerase chain reaction- Denaturing gradient gel electrophoresis (PCR-DGGE) was applied for microorganisms identification in the system. *Pseudomonas* sp. was found as the main species in the experimental system. The use of *N. nucifera* Gaerthand and *C. alternifolius* L. as plants for phytoremediation is an alterrative method for treatment of phosphorus in domestic wastewater. This method is environmentally friendly because it does not use chemical substances.

Keywords : Phosphorus / Domestic wastewater / Phyto-remediation / *Nelumbo nucifera* Gaerth / *Cyperus alternifolius* L.

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
4.9	น้ำหนักของบัวหลวง และกกราชินีในการบำบัดฟอสฟอรัสจากน้ำเสียชุมชนเป็นเวลา 75 วัน	49
4.10	การบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชนโดยใช้บัวหลวง กกราชินีและดินที่ระยะเวลา 5 วัน	50
4.11	ค่ากรด-ด่างในน้ำเสียชุมชนโดยใช้บัวหลวง กกราชินี และดิน ที่ระยะเวลา 5 วัน	51
4.12	กลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้ฟอสฟอรัสเป็นแหล่งอาหารในน้ำเสียชุมชน ดิน รากบัวหลวง และรากกกราชินี ในช่วงเวลา pretreat (day 0) และ post (day 5)	53

รายการรูปประกอบ

รูป		หน้า
2.1	วัฏจักรฟอสฟอรัสของน้ำในสิ่งแวดล้อม	10
2.2	โครงสร้างตามยาวของราก	15
2.3	แสดงบริเวณทั้ง 3 ชั้นคือ เอพิเดอร์มิส คอร์เท็กซ์ และสตีล ของรากพืช (รูปซ้ายพืชใบเลี้ยงเดี่ยว รูปขวาพืชใบเลี้ยงคู่)	16
2.4	โพพลาสต์และวิถีซิมพลาสต์สำหรับการเคลื่อนย้ายของไอออนเข้าหาสทีล	17
2.5	การหมุนเวียนของฟอสฟอรัสในดิน	21
3.1	ดินเหนียว	27
3.2	แสดง Primers ที่ใช้ในการศึกษาประชากรจุลินทรีย์ โดยเทคนิค PCR-DGGE	38
4.1	การบำบัดฟอสฟอรัส จากน้ำเสียชุมชนโดยใช้บัวหลวงและกกราชินี ที่เติมน้ำเสียชุมชนใหม่ลงไปในระบบทดลองจำนวน 5 รอบการทดลอง (A) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (B) ของระบบ	46
4.2	เปรียบเทียบความสามารถในการดูดซึมฟอสฟอรัสของบัวหลวง(A) และกกราชินี(B)	51
4.3	แนวทางการจัดการการบำบัดฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำเสียชุมชน ขนาดบ่อบำบัด(A) ลักษณะพืชที่อยู่ในระบบ(B)	56

รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

PCR	=	Polymerase chain reaction
DGGE	=	Denaturing gradient gel electrophoresis
DMRT	=	Duncan's Multiple Range Test
BOD	=	Biochemical oxygen demand
COD	=	Chemical oxygen demand
TDS	=	Total dissolved solids
TKN	=	Total kjeldahl nitrogen
TP	=	Total phosphorus
g	=	gram
m	=	meter
cm	=	centimeter
kg	=	kilogram
mg	=	milligram
m^2	=	square metre
cm^3	=	cubic centimeter
l	=	liter
mgl^{-1}	=	milligram per lite