

ผลของความเข้มข้นของน้ำเสียชุมชนสังเคราะห์ต่อระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม โกงกางใบใหญ่



นางสาวปวีณา วัฒนสุทธิพงศ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-17-6176-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF SYNTHETIC MUNICIPAL WASTEWATER CONCENTRATION
ON *Rhizophora mucronata* CONSTRUCTED WETLAND SYSTEM



Miss Paweena Wattanasuthipong

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Science (Inter-department)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-17-6176-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของความเข้มข้นของน้ำเสียชุมชนสังเคราะห์ต่อระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม
โคงกางใบใหญ่
โดย นางสาวปวีณา วัฒนสุทธิพงศ์
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกพร บุญส่ง
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรชิตวรกุล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....*Dr. Asanith*.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ม.ร.ว.กัลยา ติงสภักดิ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....*Prasert Kumbhakar*.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

.....*Thammasak*.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกพร บุญส่ง)

.....*Prasert Kumbhakar*.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรชิตวรกุล)

.....*Kit Chai*.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำธร ชีร์คุปต์)

.....*Sinith*.....กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. สนิท อักษรแก้ว)

ปริณาม วัฒนสุทธิพงศ์ : ผลของความเข้มข้นของน้ำเสียชุมชนสังเคราะห์ต่อระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม โกงกางใบใหญ่ (EFFECT OF SYNTHETIC MUNICIPAL WASTEWATER CONCENTRATION ON *Rhizophora mucronata* CONSTRUCTED WETLAND SYSTEM)
อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. กนกพร บุญส่ง, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิดาวรกุล
147 หน้า, ISBN 974-17-6176-7

ผลของความเข้มข้นของน้ำเสียชุมชนสังเคราะห์ต่อระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม โกงกางใบใหญ่ ได้แบ่งการศึกษาเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ศึกษาความสามารถในการบำบัดน้ำเสียชุมชน และการสะสมธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม โดยใช้ น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของทีเคเอ็นและฟอสฟอรัสทั้งหมดแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ความเข้มข้นปกติ (NW) ความเข้มข้น 5 เท่า (5 NW) และ 25 เท่าของความเข้มข้นปกติ (25 NW) และใช้น้ำจืดในชุดควบคุม โดยมีระยะเวลาเก็บน้ำเสีย 7 วัน และปล่อยให้แห้ง 3 วัน ทำการทดลองทั้งหมด 9 ครั้ง พบว่า ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 5 NW มีเปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีและทีเคเอ็นสูงสุด คือ 97.35 และ 88.97 ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงสุดเมื่อชุดทดลองได้รับน้ำเสีย 25 NW คือ 0.13 เมื่อสิ้นสุดการทดลองให้น้ำเสีย พบว่า ดินและกล้าไม้ในทุกชุดทดลองมีธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสะสมสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับการศึกษาในระยะที่ 2 ได้ศึกษาผลของการชะระบบที่ผ่านการใช้น้ำบำบัดน้ำเสียในระยะที่ 1 ด้วยน้ำจืดเปรียบเทียบกับน้ำทะเล (15 psu) พบว่า น้ำชะระบบทั้งสองประเภททำให้ธาตุอาหารที่สะสมในชุดทดลอง 25 NW ปลดปล่อยออกมาสูงที่สุด โดยน้ำจืดสามารถชะละลายสารอินทรีย์และธาตุอาหารฟอสฟอรัสได้ดี ขณะที่น้ำทะเลชะละลายธาตุอาหารไนโตรเจนได้ดี ซึ่งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่สะสมในดินและในใบของกล้าไม้มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขณะที่ฟอสฟอรัสมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย โดยสรุป ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม โกงกางใบใหญ่สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันได้ โดยสามารถบำบัดบีโอดีและทีเคเอ็นได้ดี ขณะที่บำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ต่ำ ซึ่งการให้น้ำเสียมิผลทำให้ดินและกล้าไม้มีธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสะสมสูงขึ้น และการให้น้ำจืดและน้ำทะเลชะระบบมีผลทำให้ธาตุอาหารปลดปล่อยออกมาต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต ปริณาม วัฒนสุทธิพงศ์
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Dr. Somkiat Piyathirathitawong
ปีการศึกษา 2547 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม Assoc. Prof. Dr. Gorngrat Boonsong

4489085620 : MAJOR INTER-DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD : SYNTHETIC MUNICIPAL WASTEWATER / *Rhizophora mucronata* /
CONSTRUCTED WETLAND SYSTEM

PAWEENA WATTANASUTHIPONG : EFFECT OF SYNTHETIC MUNICIPAL
WASTEWATER CONCENTRATION ON *Rhizophora mucronata* CONSTRUCTED
WETLAND SYSTEM. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. KANOKPORN BOONSONG,
Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. SOMKIAT PIYATIRATITIVORAKUL,
Ph.D, 147 pp. ISBN 974-17-6176-7

The effect of synthetic municipal wastewater concentration on *Rhizophora mucronata* constructed wetland system was divided into 2 study periods. The first period was to study the efficiency of the constructed wetland system in treating wastewater and accumulating of nitrogen and phosphorus in the system. The synthetic municipal wastewater with TKN (total kjeldahl nitrogen) and TP (total phosphorus) was varied into 3 concentrations; normal wastewater (NW), 5 times of normal wastewater (5 NW) and 25 times of normal wastewater (25 NW). Fresh water was used as a control. Wastewater was retained within the system for 7 days. The experiment was repeated 9 times. The results indicated that the average removal percentages of BOD and TKN were highest in 5 NW system, with the values of 97.35 and 88.97, respectively, whereas the removal percentage of TP was highest in 25 NW system, with the value of 0.13. After treating, accumulated nitrogen and phosphorus elements in soil and plant significantly increased ($p < 0.05$). The second period was to study the effect of leaching of the treated systems from the first period by comparing leaching between freshwater and seawater (15 psu). The study revealed that both freshwater and seawater significantly affected the release of nutrients from the treated systems, especially those from 25 NW. In addition, it was found that freshwater leached organic substance and phosphorus effectively, whereas seawater was better with nitrogen. At the end of the period, the nitrogen element in soil and plant leaves of all systems significantly declined, whereas phosphorus element slightly increased. In conclusion, the study demonstrated that *R. mucronata* constructed wetland system was effective for removing higher BOD and TKN from synthetic wastewater, but not effective for TP. Wastewater caused higher accumulation of nutrients in the soil and plant, and the leaching with freshwater and seawater resulted in the different releases of nutrients out off the systems.

Inter-department ... Environmental Science

Field of Study ... Environmental Science

Academic year ... 2004

Student's Signature

Advisor's Signature

Co-advisor's Signature

ชวัลภา อัจฉริยะกุล
K. Boonsong
Somkiat Piyatiratitivorakul

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ เนื่องจากความกรุณาของผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกพร บุญส่ง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรชิตวิกรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้ คำแนะนำสั่งสอน ตลอดจนความคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ และคอยให้กำลังใจ ตลอดมา ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฉมิตานนท์ ที่กรุณาเสียสละเวลา เพื่อเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สนิท อักษรแก้ว และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำธร ชีรคุปต์ ที่กรุณาเสียสละเวลาเพื่อเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้คำแนะนำและช่วยแก้ไขข้อบกพร่องให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบุลย์ หัวหน้าหน่วย พฤษณินเวศวิทยา ภาควิชาพฤกษศาสตร์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ พร้อมทั้งอนุเคราะห์สถานที่ วางชุดทดลอง และเครื่องมือในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบพระคุณ โครงการ “การใช้ป่าชายเลนปลูกในการบำบัดน้ำเสียชุมชน” สนับสนุน โดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) และ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัยที่สนับสนุนเงินทุนวิจัย

ขอขอบพระคุณ โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่อง มาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ดินเลนที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบพระคุณ คุณประธาน สัจจวรรณ หัวหน้าหน่วยปฏิบัติการป่าชายเลนที่ พบ.1 สำนักงานป่าไม้เขตเพชรบุรี ที่อนุเคราะห์กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ที่ใช้ในการทดลอง และคุณสุวิวัฒน์ ศรีสุวรรณ เจ้าหน้าที่กรมชลประทาน จังหวัดเพชรบุรี ที่กรุณาสนับสนุน และให้ความช่วยเหลืออย่างมาก

ขอขอบพระคุณ สหสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล และภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่อนุเคราะห์สถานที่ และเครื่องมือในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบพระคุณ คุณเพ็ญศรี ชูบรรจง ครูปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป และ คุณเสรี คอนเหนือ เจ้าหน้าที่หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล ที่คอยให้คำแนะนำ และ อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่สาว ที่กรุณาให้การอุปการะ ทางด้านทุนการศึกษา พร้อมทั้งให้ความรัก ความห่วงใย และให้กำลังใจมาโดยตลอด และขอขอบคุณ เพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลืออย่างดี และคอยให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
2. การตรวจสอบเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 น้ำเสียชุมชนและธาตุอาหารในน้ำเสีย	5
2.2 การบำบัดน้ำเสียโดยพื้นที่ชุ่มน้ำ	9
2.3 พื้นที่ชุ่มน้ำเทียมเพื่อการบำบัดน้ำเสีย	17
2.4 สังกะสี ดิน และน้ำในป่าชายเลน	19
3. วิธีการดำเนินการศึกษา	26
3.1 วิธีการดำเนินการศึกษา	26
3.2 ขอบเขตการศึกษา	28
3.3 การศึกษาคุณภาพน้ำ	30
3.4 การศึกษาสมบัติดิน	30
3.5 การศึกษาการเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารในพืช	32
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	33
4. ผลการศึกษาและอภิปรายผล	34
4.1 ผลการศึกษาคุณภาพน้ำ	35
4.2 ผลการศึกษาสมบัติดิน	79
4.3 ผลการศึกษาการเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของพืช	106

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	123
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	123
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	127
รายการอ้างอิง.....	129
ภาคผนวก.....	136
ภาคผนวก ก.....	137
ภาคผนวก ข.....	138
ภาคผนวก ค.....	140
ภาคผนวก ง.....	143
ประวัติผู้เขียน.....	147



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1	องค์ประกอบของไนโตรเจนในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนทั่วไป..... 7
2-2	องค์ประกอบของฟอสฟอรัสในน้ำเสียจากแหล่งชุมชนทั่วไป..... 8
3-1	ปริมาณที่เคเอ็นและฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียชุมชน 3 ระดับ..... 29
3-2	สารเคมีสำหรับเตรียมน้ำเสียชุมชนสังเคราะห์ 3 ระดับ..... 29
3-3	พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ..... 31
3-4	พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์สมบัติดิน..... 31
3-5	พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์พืช..... 32
4-1	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำเสียสังเคราะห์ 3 ระดับความเข้มข้น ในระยะที่ 1 36
4-2	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำจืดและน้ำทะเลที่ใช้ระบบ ในระยะที่ 2..... 37
4-3	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของน้ำเข้าและน้ำออก ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ..... 39
4-4	ค่าเฉลี่ยความเค็มของน้ำเข้าและน้ำออก ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ..... 44
4-5	ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าของน้ำเข้าและน้ำออก ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ..... 47
4-6	ค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายของน้ำเข้าและน้ำออก ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ..... 50
4-7	ค่าเฉลี่ยบีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออก ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ และเปอร์เซ็นต์การบำบัด ในระยะที่ 1..... 53
4-8	ค่าเฉลี่ยบีโอดีของน้ำเข้าและน้ำออก ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ และเปอร์เซ็นต์การบำบัด ในระยะที่ 1..... 59
4-9	ค่าเฉลี่ยแอมโมเนียของน้ำเข้าและน้ำออก ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ..... 63
4-10	ค่าเฉลี่ยไนเตรทของน้ำเข้าและน้ำออก ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ..... 67
4-11	ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเข้าและน้ำออก ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ และเปอร์เซ็นต์ การบำบัด ในระยะที่ 1..... 72
4-12	ค่าเฉลี่ยออร์โทฟอสเฟตของน้ำเข้าและน้ำออก ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ และเปอร์เซ็นต์ การบำบัด ในระยะที่ 1..... 75
4-13	การคาดประมาณสัดส่วนการบำบัดบีโอดี ที่เคเอ็น และฟอสฟอรัสทั้งหมด ต่อพื้นที่ 1 ไร่ ในระยะเวลา 1 ปี..... 78
4-14	สมบัติดินก่อนการทดลองระยะที่ 1..... 79
4-15	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของดิน ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ..... 81
4-16	ค่าเฉลี่ยความเค็มของดิน ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ..... 84

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-17 ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าของดิน ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ.....	87
4-18 ค่าเฉลี่ยทีเคเอ็นของดิน ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ.....	90
4-19 ค่าเฉลี่ยแอมโมเนียมไอออนของดิน ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ.....	94
4-20 ค่าเฉลี่ยไนเตรทของดิน ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ.....	97
4-21 ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสทั้งหมดของดิน ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ.....	100
4-22 ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดิน ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ.....	104
4-23 ค่าเฉลี่ยความสูงของกล้าไม้โก่งกางใบใหญ่ ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ.....	107
4-24 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ.....	108
4-25 ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกล้าไม้ ที่ระดับ 0 ซม.จากพื้น ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ.....	112
4-26 ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกล้าไม้ ที่ระดับ 15 ซม.จากพื้น ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ.....	113
4-27 ค่าเฉลี่ยจำนวนใบของกล้าไม้ ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ.....	115
4-28 ค่าเฉลี่ยทีเคเอ็นในใบของกล้าไม้โก่งกางใบใหญ่ ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ.....	117
4-29 ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบของกล้าไม้โก่งกางใบใหญ่ ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ.....	121

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1-1	แผนการดำเนินงาน..... 3
2-1	การเปลี่ยนแปลงรูปของไนโตรเจนในพื้นที่ชุ่มน้ำ..... 14
2-2	การเปลี่ยนแปลงรูปของฟอสฟอรัสในพื้นที่ชุ่มน้ำ..... 16
3-1	แบบแสดงคำรับทดลองในการทดลองระยะที่ 1 และระยะที่ 2 27
3-2	ชุดทดลองที่ใช้ในการทดลอง..... 28
4-1	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของน้ำออก ในระยะที่ 2..... 42
4-2	เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีเฉลี่ย ในการทดลองระยะที่ 1..... 55
4-3	ค่าเฉลี่ยบีโอดีของน้ำออก ในระยะที่ 2..... 56
4-4	เปอร์เซ็นต์การบำบัดทีเคเอ็นเฉลี่ย ในการทดลองระยะที่ 1..... 61
4-5	ค่าเฉลี่ยทีเคเอ็นของน้ำออก ในระยะที่ 2..... 61
4-6	ค่าเฉลี่ยแอม โมเนียของน้ำออก ในระยะที่ 2..... 65
4-7	ค่าเฉลี่ยไนเตรทของน้ำออก ในระยะที่ 2..... 69
4-8	ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำออก ในระยะที่ 2..... 74
4-9	ค่าเฉลี่ยออร์โทฟอสเฟตของน้ำออก ในระยะที่ 2..... 77
4-10	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของดิน ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ..... 82
4-11	ค่าเฉลี่ยความเค็มของดิน ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ..... 85
4-12	ค่าการนำไฟฟ้าของดินเฉลี่ย ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ..... 88
4-13	ค่าเฉลี่ยทีเคเอ็นของดิน ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ..... 91
4-14	ค่าเฉลี่ยแอม โมเนียมไอออนของดิน ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ..... 95
4-15	ค่าเฉลี่ยไนเตรทของดิน ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ..... 98
4-16	ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสทั้งหมดของดิน ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ..... 101
4-17	ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดิน ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ..... 105
4-18	ค่าเฉลี่ยความสูงของกล้าไม้โกกงใบใหญ่ ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ..... 109
4-19	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้โกกงใบใหญ่ที่ระดับ 0 เซนติเมตรจากพื้น ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ..... 114
4-20	ค่าเฉลี่ยทีเคเอ็นในใบของกล้าไม้โกกงใบใหญ่ ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ..... 118
4-21	ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบของกล้าไม้โกกงใบใหญ่ ในการทดลองทั้ง 2 ระยะ..... 122

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ง-1 ชุดทดลองในการทดลองระยะที่ 1 และ 2 เรือนต้นไม้ หน่วยปฏิบัติการพฤษนิเวศวิทยา ภาควิชาพฤกษศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.....	144
ง-2 การศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าไม้โกกงางใบใหญ่.....	145
ง-3 การเก็บตัวอย่างดิน และเตรียมดินก่อนนำตัวอย่างไปวิเคราะห์สมบัติดิน.....	146



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย