ประสิทธิภาพของกกกลม Cyperus corymbosus ธูปฤาษี Typha angustifolia อ้อ Phragmites australis และแห้วทรงกระเทียม Eleocharis dulcis ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมชุบโลหะ

นางสาวลักษณี คณานิธินันท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-820-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 17136326

EFFICIENCY OF Cyperus corymbosus, Typha angustifolia, Phragmites australis, AND Eleocharis dulcis IN CONSTRUCTED WETLANDS FOR CHROMIUM TREATMENT OF ELECTROPLATING INDUSTRIAL WASTEWATER

MISS LAKSANEE KANANIDHINAN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Inter-Department of Environmental Science
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1996

ISBN 974-636-820-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ประสิทธิภาพของกกกลม Cyperus corymbosus ธูปฤาษี Typha angustifolia อ้อ Phragmites australis และแห้วทรงกระเทียม Eleocharis dulcis ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมชุบโลหะ
โดย	นางสาวลักษณี คณานิธินันท์
ภาควิชา	สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์. ดร. ธเรศ ศรีสถิตย์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นายมานพ ศิริวรกุล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

---------- คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำธร ธีรคุปต์)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธเรศ ศรีสถิตย์)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(นายมานพ ศิริวรกุล)

---------- กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์)

---------- กรรมการ
(ดร. อาจอง ประทัตสุนทรสาร)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ลักษณี คณานิธินันท์ : ประสิทธิภาพของกกกลม Cyperus corymbosus ธูปฤาษี Typha angustifolia อ้อ Phragmites australis และแห้วทรงกระเทียม Eleocharis dulcis ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมชุบโลหะ (EFFICIENCY OF Cyperus corymbosus, Typha angustifolia, Phragmites australis, AND Eleocharis duclis IN CONSTRUCTED WETLANDS FOR CHROMIUM TREATMENT OF ELECTROPLATING INDUSTRIAL WASTEWATER) อ.ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธเรศ ศรีสถิตย์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : นายมานพ ศิริวรกุล, 101 หน้า. ISBN 974-636-820-6.

การศึกษาประสิทธิภาพของพืชโผล่พ้นน้ำ 4 ชนิดคือ กกกลม ธูปฤาษี อ้อ และแห้วทรงกระเทียม ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมชุบโลหะ รวมถึงการเติบโตและการอยู่รอดของพืชทั้ง 4 ชนิด พบว่าปริมาณโครเมียมในน้ำที่เข้าสู่บ่อทดลองต่าง ๆ ระหว่างการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 2.864-20.926 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 7.613 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อทดลองปลูกพืชทั้ง 4 ชนิดสามารถลดปริมาณโครเมียมได้สูงกว่าร้อยละ 94 โดยบ่อทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือบ่อทดลองกกกลมสูงถึงร้อยละ 98.21 รองลงมาคือบ่อทดลองแห้วทรงกระเทียมเท่ากับร้อยละ 95.96 ส่วนบ่อธูปฤาษีและอ้อเท่ากับร้อยละ 95.90 และ 94.87 ตามลำดับ สำหรับบ่อควบคุมไม่ปลูกพืชมีประสิทธิภาพเฉลี่ยต่ำสุด คือเท่ากับร้อยละ 89.13 ซึ่งต่ำกว่าบ่อกกกลมเท่ากับร้อยละ 9.10 และเมื่อทำการศึกษาถึงการเติบโตของพืชทั้ง 4 ชนิดในบ่อทดลองเทียบกับบ่อควบคุมพืชตลอดการทดลอง โดยศึกษาถึงน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และความสูง พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ระหว่างบ่อทดลองและบ่อควบคุมพืช

นอกจากนั้นยังทำการศึกษาถึงการสะสมโครเมียมในดินและในพืชปรากฏว่าดินและพืชมีปริมาณโครเมียมเพิ่มขึ้นตามเวลา โดยดินมีปริมาณโครเมียมเฉลี่ยใกล้เคียงกันทุกบ่อ และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 29.156 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง สำหรับในพืชพบว่าแห้วทรงกระเทียมมีปริมาณการสะสมโครเมียมเมื่อสิ้นสุดการทดลองสูงสุด คือเท่ากับ 397.150 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง แต่มีค่าน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งต่ำที่สุด และเมื่อพิจารณามวลรวมพบว่า โครเมียมส่วนใหญ่ถูกสะสมอยู่ในดิน ซึ่งมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายมากกว่าในพืช กล่าวคือมากกว่าร้อยละ 90 ของปริมาณโครเมียมทั้งหมดในระบบอยู่ในดิน

ภาควิชา สหสาขา ลายมือชื่อนิสิต ลักษณี คณานิธินันท์

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C626577 : MAJOR INTER-DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE
KEY WORD: CONSTRUCTED WETLANDS / AQUATIC PLANT / CHROMIUM

LAKSANEE KANANIDHINAN : EFFICIENCY OF Cyperus corymbosus, Typha angustifolia, Phragmites australis, AND Eleocharis dulcis IN CONSTRUCTED WETLANDS FOR CHROMIUM TREATMENT OF ELECTROPLATING INDUSTRIAL WASTEWATER. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. THARES SRISATIT, Ph.D., THESIS COADVISOR : MR.MANOP SIRIVORAKUL, 101 PP. ISBN 974-636-820-6.

The efficiency of constructed wetlands to remove chromium in electroplating wastewater was studied with four emergent plants, Cyperus corymbosus, Typha angustifolia, Phragmites australis, and Eleocharis dulcis. Nine pilot scale constructed wetlands were built, in which 5 units were used for removal study and the rest were used as the controls.

During experimental period, chromium concentration were in range of 2.824-20.926 mg/l and the average was 7.613 mg/l.

The best efficiency was found in Cyperus as high as 98.21% while the efficiencies of Eleocharis, Typha and Phragmites were 95.96, 95.90 and 94.87%, respectively. And the lowest efficiency was found in control unit, 89.13%, which was 9.1% lower than the highest efficiency, Cyperus.

Growth of each plant was also compared between experimental and control unit in fresh weight, dry weight and height during the experimental period but no statistically significant difference at p=0.05.

Accumulation of chromium in soil and plant were also studied and tended to increase with passage of time. Average of chromium in each soil pilot unit was slightly different and the highest mean was 29.156 µg/g dry weight. In plant, Eleocharis dulcis showed the maximum chromium concentration, 397.150 µg/g dry weight, at the end of the experiment, but had the lowest weight per unit. Mass balance showed that more than 90% of total chromium disappeared from the water was found in the soil.

ภาควิชา สหสาขา ลายมือชื่อนิสิต K. Laksanee.

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา T. Srisatit

ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม Manop Sirivorakul.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นและสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี จากความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ธเรศ ศรีสถิตย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจเสมอมา คุณมานพ ศิริวรกุล ฝ่ายวัชพืช กรมชลประทาน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน ผศ.ดร. กำธร ธีรคุปต์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รศ. เปรมจิตต์ แทนสถิตย์ และ อาจารย์ ดร. อาจอง ประทัตสุนทรสาร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้ข้อคิดเห็นและข้อแนะนำที่มีส่วนสำคัญในการแก้ไขปรับปรุงวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย และสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนบางส่วนในการจัดทำวิทยานิพนธ์ และบริษัทอีสเทิร์นไทยคอลซัลติ้ง 1992 จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการวิจัยและเงินทุนสนับสนุน

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ศิริชัย ธรรมวานิช ที่ช่วยเหลือและให้คำปรึกษาเกี่ยวกับปัญหาในห้องปฏิบัติการ คุณธีรพัฒน์ ปักษิณ บริษัทอีสเทิร์นไทยคอลซัลติ้ง 1992 จำกัด ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณธีรพัฒน์ ปักษิณ คุณอเนก แก้วกระจ่าง คุณเรวดี ศิริมงคล และน้อง ๆ ที่ห้องปฏิบัติการของบริษัทอีสเทิร์นไทยคอลซัลติ้ง 1992 จำกัด ขอขอบคุณ คุณจำลอง บัวเถื่อน คุณล้วน ตันกิตติ และคุณบุญถม เกษไธสงค์ที่บ่อน้ำเสียที่ช่วยเหลือในเป็นแรงงานสำคัญในการเก็บตัวอย่าง ขอขอบคุณสถานีประมงน้ำจืดบางพระ จ.ชลบุรี ศูนย์พัฒนาประมงทะเลชายฝั่งตะวันออก ต.บ้านเพ อ.เมือง จ.ระยอง และภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ช่วยเหลือให้ความอนุเคราะห์ถังเก็บน้ำเสีย ขอขอบคุณสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยเหลือในเรื่องเครื่องมือและห้องปฏิบัติการ ขอขอบคุณคุณชนินทร์ เจตนิวิทยาชาญ ที่ช่วยเหลือในการขนส่งอุปกรณ์ และบริษัทอีสวอเตอร์ที่ช่วยเหลือในการขนย้ายวัชพืช

ขอขอบคุณ คุณกฤตยาภรณ์ ทัพพะทัต จากการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยที่ให้การสนับสนุนในเรื่องที่พักและเป็นที่พึ่งในเวลาที่มีปัญหาและต้องการกำลังใจ คุณลักขณา เมี้ยนกำเนิด รวมทั้งเพื่อน ๆ ร่วมรุ่นซี6 ทุกคน ที่ช่วยส่งทั้งแรงกายและแรงใจให้เสมอมา และน้อง ๆ สหสาขาฯ ที่มีส่วนช่วยในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ท้ายสุดที่จะลืมเสียมิได้ นั่นคือครอบครัวของข้าพเจ้า ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ ผู้ที่ให้การสนับสนุนเงินทุน เป็นกำลังใจที่สำคัญและให้ความช่วยเหลือส่งเสริมในปัจจัยด้านต่าง ๆ ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา รวมทั้งขอบใจน้องทั้งสองคนที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ณ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. การตรวจเอกสาร	4
3. การดำเนินการวิจัย	31
4. ผลการศึกษาวิจัยและวิจารณ์ผล	39
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	76
รายการอ้างอิง	78
ภาคผนวก	83
ประวัติผู้เขียน	101

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	การใช้พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อการบำบัดน้ำเสียแบบต่าง ๆนอกจากน้ำเสียชุมชน.....	6
ตารางที่ 2.2	แสดงการบำบัดขั้นต้นของน้ำเสียก่อนผ่านเข้าสู่พื้นที่ชุ่มน้ำ.....	7
ตารางที่ 2.3	ความแตกต่างทางกายภาพและเคมีของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำและดินที่มีการสะสมของสารอินทรีย์.....	11
ตารางที่ 2.4	พืชชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำ.....	12
ตารางที่ 2.5	กลไกการบำบัดสารต่าง ๆในพื้นที่ชุ่มน้ำ.....	27
ตารางที่ 2.6	เกณฑ์การออกแบบพื้นที่ชุ่มน้ำแบบไหลผ่านพื้นผิว(FWS).....	28
ตารางที่ 2.7	แสดงปริมาณโครเมียมในดินน้ำพืชและสิ่งมีชีวิตในพื้นที่ชุ่มน้ำ.....	29
ตารางที่ 3.1	เกณฑ์การออกแบบแบบจำลองพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น.....	36
ตารางที่ 4.1	แสดงปริมาณความเข้มข้นของโครเมียม(มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำเข้าและน้ำออกของบ่อทดลองต่าง ๆ ตลอดระยะการทดลอง.....	44
ตารางที่ 4.2	แสดงประสิทธิภาพในการบำบัดโครเมียมของพืชทดลองชนิดต่าง ๆ ทั้ง 4 ชนิดในบ่อทดลองและบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช.....	46
ตารางที่ 4.3	แสดงปริมาณมวลของโครเมียมในน้ำเข้าและน้ำออก.....	54
ตารางที่ 4.4	แสดงปริมาณโครเมียมเฉลี่ยของระบบตลอดการทดลอง 100วัน.....	55
ตารางที่ 4.5	แสดงการเจริญเติบโตของต้นกกกลม โดยศึกษาจากน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งในบ่อทดลองหลังจากเริ่มการทดลองจนสิ้นสุดการทดลอง.....	57
ตารางที่ 4.6	แสดงน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของกกกลมในบ่อทดลองเปรียบเทียบกับบ่อควบคุม.....	57
ตารางที่ 4.7	แสดงการเจริญเติบโตของต้นธูปฤาษี โดยศึกษาจากน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งในบ่อทดลองหลังจากเริ่มการทดลองจนสิ้นสุด.....	60
ตารางที่ 4.8	แสดงน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของธูปฤาษีในบ่อทดลองเปรียบเทียบกับบ่อควบคุม.....	60
ตารางที่ 4.9	แสดงการเจริญเติบโตของต้นอ้อ โดยศึกษาจากน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งในบ่อทดลองหลังจากเริ่มการทดลองจนสิ้นสุด.....	61
ตารางที่ 4.10	แสดงน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของอ้อในบ่อทดลองเปรียบเทียบกับบ่อควบคุม.....	61

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.11 แสดงการเจริญเติบโตของต้นแห้วทรงกระเทียมโดยศึกษาจากน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งในบ่อทดลองหลังจากเริ่มการทดลองจนสิ้นสุด..... 63

ตารางที่ 4.12 แสดงน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของแห้วทรงกระเทียมในบ่อทดลองเปรียบเทียบกับบ่อควบคุม..... 63

ตารางที่ 4.13 แสดงการเจริญเติบโตของกกกลม โดยศึกษาจากความสูงในบ่อทดลองตลอดระยะการทดลอง..... 68

ตารางที่ 4.14 แสดงการเจริญเติบโตด้านความสูงของกกกลมในบ่อทดลองเปรียบเทียบกับบ่อควบคุม..... 68

ตารางที่ 4.15 แสดงการเจริญเติบโตของธูปฤาษี โดยศึกษาจากความสูง ในบ่อทดลองตลอดระยะการทดลอง..... 71

ตารางที่ 4.16 แสดงการเจริญเติบโตด้านความสูงของธูปฤาษี ในบ่อทดลองเปรียบเทียบกับบ่อควบคุม..... 71

ตารางที่ 4.17 แสดงการเจริญเติบโตของอ้อ โดยศึกษาจากความสูงในบ่อทดลองตลอดระยะการทดลอง..... 72

ตารางที่ 4.18 แสดงการเจริญเติบโตด้านความสูงของอ้อในบ่อทดลองเปรียบเทียบกับบ่อควบคุม..... 72

ตารางที่ 4.19 แสดงการเจริญเติบโตของแห้วทรงกระเทียม โดยศึกษาจากความสูงในบ่อทดลองตลอดระยะการทดลอง..... 74

ตารางที่ 4.20 แสดงการเจริญเติบโตด้านความสูงของแห้วทรงกระเทียมในบ่อทดลองเปรียบเทียบกับบ่อควบคุม..... 74

ตารางที่ ข.1 แสดงค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของตัวอย่างน้ำเข้าและน้ำออกของบ่อทดลองต่าง ๆ ตลอดระยะการทดลอง..... 89

ตารางที่ ข.2 แสดงค่าอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ของตัวอย่างน้ำเข้าและน้ำออกของบ่อทดลองต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง..... 89

ตารางที่ ข.3 แสดงค่าความนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำเข้าและน้ำออกในบ่อทดลองต่าง ๆ ตลอดระยะการทดลอง..... 90

ตารางที่ ข.4 ปริมาณการสะสมโครเมียมในดินของบ่อทดลองต่าง ๆ 91

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ ข.5	ปริมาณการสะสมโครเมียมในพืชทดลองต่าง ๆ	91
ตารางที่ ข.6	แสดงน้ำหนักสดของบ่อทดลองกกกลม *Cyperus corymbosus* ตลอดระยะการทดลอง.....	92
ตารางที่ ข.7	แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อทดลองกกกลม *Cyperus corymbosus* ตลอดระยะการทดลอง.....	92
ตารางที่ ข.8	แสดงน้ำหนักสดของบ่อทดลองธูปฤาษี *Typha angustifolia* ตลอดระยะการทดลอง.....	93
ตารางที่ ข.9	แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อทดลองธูปฤาษี *Typha angustifolia* ตลอดระยะการทดลอง.....	93
ตารางที่ ข.10	แสดงน้ำหนักสดของบ่อทดลองอ้อ *Phragmites australis* ตลอดระยะการทดลอง.....	94
ตารางที่ ข.11	แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อทดลองอ้อ *Phragmites australis* ตลอดระยะการทดลอง.....	94
ตารางที่ ข.12	แสดงน้ำหนักสดของบ่อทดลองแห้วทรงกระเทียม *Eleocharis dulcis* ตลอดระยะการทดลอง.....	95
ตารางที่ ข.13	แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อทดลองแห้วทรงกระเทียม *Eleocharis dulcis* ตลอดระยะการทดลอง.....	95
ตารางที่ ข.14	แสดงความสูงของบ่อทดลองกกกลม *Cyperus corymbosus* ตลอดระยะการทดลอง.....	96
ตารางที่ ข.15	แสดงความสูงของบ่อทดลองอ้อ *Phragmites australis* ตลอดระยะการทดลอง.....	96
ตารางที่ ข.16	แสดงความสูงของบ่อทดลองอ้อ *Phragmites australis* ตลอดระยะการทดลอง.....	97
ตารางที่ ข.17	แสดงความสูงของบ่อทดลองแห้วทรงกระเทียม *Eleocharis dulcis* ตลอดระยะการทดลอง.....	97

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบที่สำคัญของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นแบบไหลผ่านพื้นผิว(Free water surface flow, FWS)..... 5

รูปที่ 2.2 องค์ประกอบที่สำคัญของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นแบบไหลใต้ผิวตัวกลาง (Subsurface wetland,SF)..... 5

รูปที่ 2.3 แสดงสภาวะของดินในพื้นที่ชุ่มน้ำ..... 10

รูปที่ 2.4 ไดอะแกรมแสดงระยะเวลาน้ำท่วมขังของพืชชนิดต่าง ๆ..... 14

รูปที่ 2.5 แสดงบริเวณรากที่มีการแลกเปลี่ยนออกซิเจน(rhizosphere)..... 15

รูปที่ 2.6 แสดงการปรับตัวทางสัณฐานวิทยาของพืชพวกมีท่อลำเลียงเพื่อดำรงชีวิตอยู่ได้ในพื้นที่ชุ่มน้ำ..... 16

รูปที่ 2.7 กระบวนการกักเก็บและแลกเปลี่ยนสารแขวนลอยในพื้นที่ชุ่มน้ำ..... 20

รูปที่ 2.8 กระบวนการกักเก็บและแลกเปลี่ยนสารไนโตรเจนในพื้นที่ชุ่มน้ำ..... 23

รูปที่ 2.9 กระบวนการกักเก็บและแลกเปลี่ยนสารฟอสฟอรัส ในพื้นที่ชุ่มน้ำ..... 23

รูปที่ 3.1 แบบแสดงลักษณะบ่อทดลองและบ่อควบคุมที่ใช้ในการทดลอง..... 32

รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะบ่อทดลองและบ่อควบคุมที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทดลอง..... 33

รูปที่ 3.3 การคัดเลือกต้นพืชจากบริเวณใกล้เคียงเพื่อใช้ในการทดลอง..... 33

รูปที่ 3.4 แสดงการวัดระยะและการปลูกพืชในการทดลอง..... 35

รูปที่ 3.5 แสดงการเก็บตัวอย่างน้ำและพืชจากบ่อทดลอง..... 37

รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบค่า pH ของน้ำในบ่อทดลองต่าง ๆตลอดระยะเวลาการทดลอง..... 40

รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิในแต่ละบ่อทดลองต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง..... 41

รูปที่ 4.3 ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำในบ่อทดลองต่าง ๆ ตลอดระยะการทดลอง..... 43

รูปที่ 4.4 ประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมของบ่อทดลองต่าง ๆและบ่อควบคุมไม่ปลูกพืชตลอดการทดลอง..... 47

รูปที่ 4.5 แสดงปริมาณการสะสมโครเมียมในดินของบ่อทดลองและบ่อควบคุมตลอดระยะเวลาการทดลอง..... 50

รูปที่ 4.6 แสดงปริมาณการสะสมโครเมียมในพืชทั้ง 4 ชนิดตลอดระยะเวลาทดลอง..... 52

รูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณโครเมียมที่สะสมในพืชจากการทดลองเทียบกับสมดุลมวล..... 55

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.8 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักสดระหว่างต้นกกกลมในบ่อทดลองกับบ่อควบคุม..... 58

รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักสดระหว่างต้นธูปฤาษีในบ่อทดลองกับบ่อควบคุม..... 58

รูปที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักสดระหว่างต้นอ้อในบ่อทดลองกับบ่อควบคุม..... 62

รูปที่ 4.11 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักสดระหว่างต้นแห้วทรงกระเทียมในบ่อทดลองกับบ่อควบคุม..... 62

รูปที่ 4.12 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งระหว่างต้นกกกลมในบ่อทดลองกับบ่อควบคุม..... 65

รูปที่ 4.13 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งระหว่างต้นธูปฤาษีในบ่อทดลองกับบ่อควบคุม..... 65

รูปที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งระหว่างต้นอ้อในบ่อทดลองกับบ่อควบคุม... 67

รูปที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งระหว่างต้นแห้วทรงกระเทียมในบ่อทดลองกับบ่อควบคุม..... 67

รูปที่ 4.16 กราฟเปรียบเทียบความสูงระหว่างต้นกกกลมในบ่อทดลองกับบ่อควบคุม.. 69

รูปที่ 4.17 กราฟเปรียบเทียบความสูงระหว่างต้นธูปฤาษีในบ่อทดลองกับบ่อควบคุม.. 69

รูปที่ 4.18 กราฟเปรียบเทียบความสูงระหว่างต้นอ้อในบ่อทดลองกับบ่อควบคุม..... 73

รูปที่ 4.19 กราฟเปรียบเทียบความสูงระหว่างต้นแห้วทรงกระเทียมในบ่อทดลองกับบ่อควบคุม..... 73