

การตัดใบหญ้าแฝก *Vetiveria zizanioides* ต่อความสามารถในการ
บำบัดโครเมียมในระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ดิน



นาย ปัญจพล พิษญ์จรัส

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-53-2169-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

122208215

26 ก.ค. 2549

**DEFOLIATION OF *Vetiveria zizanioides* ON CHROMIUM TREATMENT ABILITY
IN SUB-SURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLAND**

Mr. Panjapon Pitcharan

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

Graduate School

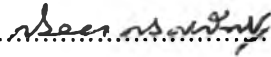
Chulalongkorn University

Academic Year 2004

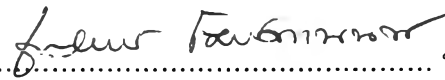
ISBN 974-53-2169-9

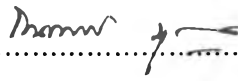
หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตัดใบหญ้าแฝก <i>Vetiveria zizanioides</i> ต่อความสามารถในการบำบัด โครเมียมในระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ดิน
โดย	นาย ปัญจพล พิชญ์จรัส
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกพร บุญส่ง
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร. พิทยากร ลิ้มทอง

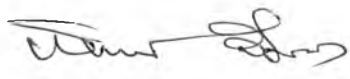
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

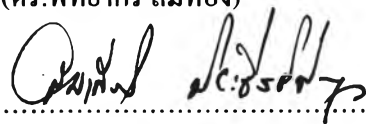
.....  คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ม.ร.ว. กัลยา ตังศภักดิ์)


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โมยมิตานนท์)

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

.....  อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร. พิทยากร ลิ้มทอง)

.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะชิตริตวิระกุล)

.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธารศ ศรีสถิตย์)

ปัญญาพล พิษณุจรัด : การตัดใบหญ้าแฝก *Vetiveria zizanioides* ต่อความสามารถในการบำบัดโครเมียมในระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ดิน(DEFOLIATION OF *Vetiveria zizanioides* ON CHROMIUM TREATMENT ABILITY IN SUB-SURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLAND) อ.ที่ปรึกษา:ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกพร บุญส่ง,อ.ที่ปรึกษาร่วม: ดร.พิทยากร ลีมทอง, 99 หน้า. ISBN 974-53-2169-9

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการตัดใบต่อความสามารถในการบำบัดโครเมียมของหญ้าแฝกหอม *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash ในระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ดิน โดยการทดลองนี้แบ่งออกเป็นสองระยะได้แก่ระยะการทดลองขั้นต้น และการทดลองในบึงประดิษฐ์

การทดลองขั้นต้นศึกษาผลของการตัดใบในสามความเข้มข้นน้ำเสียได้แก่ น้ำเสียโครเมียม 100% น้ำเสียโครเมียม 50% และ น้ำเสียโครเมียม 25% ผลการศึกษาถูกแสดงเป็นค่าคงที่ k สมการลำดับที่หนึ่ง โดยค่า k อธิบายถึงอัตราการดูดซับโครเมียมของพืช จากการวิเคราะห์พบว่าในส่วนต้นของหญ้าแฝกค่า k เท่ากับ 0.0024 และในส่วนรากค่า k เท่ากับ 0.0077 เมื่อทำการศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งด้านน้ำหนักแห้ง และความสูง พบว่าชุดทดลองทั้งที่มีการตัดใบ และไม่มีการตัดใบล้วนมีผลกับความเข้มข้นของน้ำเสียทั้งสามความเข้มข้นในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$) กับความเข้มข้นของน้ำเสีย โดยหญ้าแฝกชุดทดลองน้ำเสียโครเมียม 25% โดยปริมาตรมีน้ำหนักแห้งมากกว่าน้ำเสียความเข้มข้นอื่นๆเท่ากับ 29.95 กรัม และความเข้มข้นน้ำเสียโครเมียม 100% โดยปริมาตร มีความสูงสูงมากกว่าน้ำเสียความเข้มข้นอื่นๆเท่ากับ 82.5 เซนติเมตร แต่หากพิจารณาอัตราการเพิ่มความสูงพบว่าชุดทดลองที่มีการตัดใบจะมีอัตราการเพิ่มความสูงมากกว่าชุดทดลองไม่ตัดใบโดยความเข้มข้นน้ำเสียโครเมียม 25% มีอัตราการเพิ่มความสูงสูงที่สุด เท่ากับ 45.5 เซนติเมตรใน 60 วัน

ในการศึกษาระยะบึงประดิษฐ์จำลองปลูกหญ้าแฝกโดยใช้น้ำเสียโครเมียม 25% โดยปริมาตร ระบบบึงประดิษฐ์จำลองถูกสร้างขึ้น 3 ระบบ โดยสองระบบสำหรับศึกษาผลของการตัดใบและระบบที่เหลือคือระบบควบคุมพบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุดคือระบบที่มีการปลูกหญ้าแฝกที่มีการตัดใบ ณ วันที่ 60 หลังจากเริ่มทดลอง คือมีค่า 99.864% และมีค่าการบำบัดต่ำสุดที่ระบบควบคุม เท่ากับ 99.698%

การสะสมโครเมียมในดิน และพืชมีปริมาณโครเมียมเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการทดลองที่นานขึ้น โดยดินมีปริมาณโครเมียมสูงสุดที่บ่อควบคุม มีค่าเท่ากับ 33.29 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน สำหรับในพืชที่ทำการศึกษาระยะสะสมโครเมียมพบว่ามีการสะสมโครเมียมในปริมาณที่มากที่สุด ในรากหญ้าแฝกที่ไม่มีการตัดใบ เท่ากับ 54.43 มิลลิกรัมโครเมียมต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณามวลรวมพบว่าโครเมียมส่วนใหญ่ถูกสะสมอยู่ในดิน คือมากกว่า 86 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณโครเมียมทั้งหมดในระบบ

สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมลายมือชื่อนิสิต.....ปัญญาพล พิษณุจรัด
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา2547.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4489086220 : MAJOR INTER-DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD :CHROMIUM / CONSTRUCTED WETLAND / VETIVER GRASS

PANJAPON PITCHARAN: DEFOLIATION OF *Vetiveria zizanioides* ON CHROMIUM
TREATMENT ABILITY IN SUB-SURFACE FLOW CONSTRUCTED

WETLAND.THESIS ADVISOR: ASST. PROF. KANOKPORN BOONSONG,Ph.D,

THESIS CO ADVISOR : PITAYAKORN LIMTHONG,Ph .D, 99 pp.

ISBN 974-53-2169-9

The purpose of this study were to investigate the effects of defoliation on chromium treatment ability of vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash) in sub-surface flow constructed wetland. This study had two period that preliminary study and pilot scale constructed wetland study.

Preliminary study the effects of defoliation in three concentration wastewaters that 100% chromium wastewater, 50% chromium wastewater and 25% chromium wastewater. The study results showed that the first order equation which emphasizes on k value. The k value is explaining the rate of heavy metal uptake . Analysis of chromium in stem part's k are 0.0024 and root part's k are 0.0077. The growth ability : dry weight and height during the experiment period, it was found that growth of both defoliate and non-defoliate experiments were affected by three wastewater concentration ($p>0.05$). The dry weight of 25 % v/v wastewater concentration was higher than another wastewater concentration, was 29.95 g, and height of 100% v/v wastewater concentration was higher than another wastewater concentration, was 82.5 cm. But the height increase rate in defoliate experiments were higher than non-defoliate experiments, The higher height increase rate was 25% v/v wastewater concentration (45.5 cm/60 days)

Pilot scale constructed wetland study, The efficiency of constructed wetlands to remove chromium in chromium wastewater was studied with vetiver geass on 25% chromium wastewater , Three pilot scale constructed wetlands were built, in which 2 units were used for defoliated effects study and the rest were used as the controls. The best efficiency was found in vetiver which defoliated at 60 day after start experiment were 99.864% respectively. And the lowest efficiency was found in control unit, 99.698%

accumulation of chromium in soil and plant were also studied and tended to increases with passage of time. The highest of chromium in soil was found in control experimental, was 33.29 mg / kg soil dry weight. The maximum concentration of chromium in roots were found on non-defoliate vetiver grass were 54.43 mg Cr / kg at the end of experiment. Mass balance showed that more than 86 % of total chromium was sedimented in to soil

Inter-department Environmental Science

Field of study Environmental Science

Academic year 2004

Student's signature..... Panjapon Pitcharan

Advisor's signature..... Kanokporn Boonsong

Co advisor's signature..... Pitayakorn Limthong

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกพร บุญส่งซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.ทิพยากร ลิ่มทอง ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการวิจัย ตลอดจนแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โหมยิตานนท์ ผู้อำนวยการหลักสูตรสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรธิดีวรกุล และ รองศาสตราจารย์ ดร. ฐเรศ ศรีสถิตย์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษาที่มีส่วนสำคัญในการแก้ไขปรับปรุงวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณกองทุนสนับสนุนการวิจัยเพื่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่สนับสนุนทุนบางส่วนในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำการทดลอง และขอขอบพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนาม ที่ช่วยในการศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดาที่ให้โอกาส และให้ความอุปการะทางด้านทุนการศึกษาและกำลังใจตลอดมา ตลอดจนญาติพี่น้องและเพื่อนๆ ที่ช่วยดูแลด้วยดีเสมอมา

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 สมมุติฐาน.....	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 การตรวจสอบเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 หญ้าแฝก.....	4
2.1.1 ลักษณะโดยทั่วไปของหญ้าแฝก.....	4
2.2 ระบบบึงประดิษฐ์ (Constructed wetlands).....	6
2.2.1 การใช้ระบบบึงประดิษฐ์.....	7
2.2.2 องค์ประกอบที่สำคัญของระบบบึงประดิษฐ์ที่สร้างขึ้น.....	8
2.3 โลหะหนัก.....	9
2.3.1 โครเมียม (Chromium).....	9
2.3.2 การชุบโครเมียม (Chromium plating).....	10
2.3.3 ความเป็นพิษของโครเมียม.....	11
2.4 งานวิจัยที่ศึกษาความทนทานและการดูดซับสารพิษและโลหะหนักของหญ้าแฝกในดินและน้ำ.....	11
2.4.1 การศึกษาความทนทานและการดูดซับสารพิษและโลหะหนักของหญ้าแฝกในดิน.....	11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.2 การศึกษาความทนทานและการดูดซับสารพิษและโลหะหนักของหญ้าแฝกในน้ำ.....	13
2.5 การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดโครเมียม.....	15
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการศึกษา.....	17
3.1 สถานที่ทำการศึกษาและวิเคราะห์.....	17
3.2 วัสดุอุปกรณ์.....	17
3.3 วิธีดำเนินการศึกษา.....	18
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล.....	25
4.1 ผลการศึกษาระยะการทดลองขั้นต้น.....	25
4.1.1 ลักษณะน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมชุบโลหะ(น้ำเข้า)	25
4.1.2 ลักษณะดินก่อนและหลังทำการทดลอง.....	26
4.1.3 ลักษณะสมบัติน้ำเสียหลังผ่านชุดทดลอง (น้ำออก).....	27
4.1.3.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH).....	27
4.1.3.2 อุณหภูมิ (Temperature).....	28
4.1.3.3 ค่าความนำไฟฟ้า (conductivity).....	29
4.1.4 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝก.....	29
4.1.4.1 ลักษณะทั่วไปของหญ้าแฝก	29
4.1.4.2 น้ำหนักแห้ง (dry weight)	30
4.1.4.3 ความสูง	38
4.1.4.4 ความยาวราก.....	40
4.1.4.5 ขนาดกอ.....	42
4.1.4.6 จำนวนหน่อ.....	42
4.1.5 ค่าสมการอันดับหนึ่ง (first order).....	42
4.1.5.1 ค่าการสะสมโครเมียมในใบหญ้าแฝก.....	42
4.1.5.2 ค่าการสะสมโครเมียมในรากหญ้าแฝก.....	45

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.5.3 การวิเคราะห์สมการลำดับที่หนึ่ง (first order).....	47
4.2 การทดลองระยะระบบบำบัดจำลอง.....	52
4.2.1 สมบัติของน้ำเสียก่อนและหลังผ่านระบบบำบัดจำลอง.....	52
4.2.1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง.....	52
4.2.1.2 อุณหภูมิ.....	53
4.2.1.3 ค่าความนำไฟฟ้า.....	53
4.2.2 สมบัติดินก่อนและหลังการทดลอง.....	54
4.2.3 การเจริญเติบโตของพืช.....	55
4.2.4 ปริมาณโครเมียมในน้ำเข้าและน้ำออกในการทดลองระยะระบบบำบัดจำลอง...	57
4.2.5 ประสิทธิภาพในการบำบัดโครเมียมของระบบบำบัดจำลอง.....	59
4.2.6 การสะสมโครเมียมในระบบบำบัดจำลอง.....	60
4.2.6.1 การสะสมโครเมียมในดิน.....	60
4.2.6.2 การสะสมโครเมียมในพืช.....	62
4.2.6.3 สมดุลมวล (mass balance).....	63
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	65
5.1 การทดลองขั้นต้นในกระถางทดลอง.....	65
5.1.1 ประสิทธิภาพการสะสมโครเมียมของหญ้าแฝก.....	65
5.1.2 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝก.....	65
5.2 การทดลองระยะระบบบำบัดจำลอง.....	66
5.2.1 ประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมของระบบบำบัดจำลอง.....	66
5.2.2 การสะสมโครเมียมในระบบบำบัดจำลอง.....	67
5.2.3 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝก.....	67
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	67
รายการอ้างอิง.....	68
ภาคผนวก	71
ภาคผนวก ก ข้อมูลระยะการทดลองขั้นต้น.....	72
ภาคผนวก ข ข้อมูลระยะระบบบำบัดจำลอง.....	82
ภาคผนวก ค ผลการทดสอบทางสถิติ.....	87

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ง รูปชุดทดลองขั้นต้นและระบบบำบัดจำลอง.....	96
ประวัติผู้เขียน.....	99

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 รายชื่อหญ้าแฝก 28 กลุ่มพันธุ์ที่พบในประเทศไทย จำแนกตามชนิด.....	6
3.1 ชุดทดลองที่ใช้ในการทดลองขั้นต้น	18
3.2 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์คุณภาพดิน น้ำเสีย และหญ้าแฝกในการทดลองขั้นต้น.....	21
3.3 ชุดทดลองที่ใช้ในการทดลองขั้นระบบบำบัดจำลอง.....	22
4.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่ได้รับให้แก่ชุดทดลองในการทดลองขั้นต้น (น้ำเข้า).....	25
4.2 ลักษณะสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลองขั้นต้น.....	27
4.3 ความเป็นกรด-ด่างของน้ำออกจากชุดทดลองต่างๆในการทดลองขั้นต้น.....	28
4.4 อุณหภูมิของน้ำออกจากชุดทดลองต่างๆในการทดลองขั้นต้น.....	28
4.5 ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำออกจากชุดทดลองต่างๆในการทดลองขั้นต้น.....	29
4.6 ปริมาณโครเมียมที่สะสมในใบหญ้าแฝกในการทดลองขั้นต้น.....	43
4.7 ปริมาณโครเมียมที่สะสมในรากหญ้าแฝกในการทดลองขั้นต้น.....	46
4.8 สมการลำดับที่หนึ่งและค่าสถิติของปริมาณ โครเมียมในใบ หญ้าแฝกที่ไม่มีการตัดใบ.....	48
4.9 สมการลำดับที่หนึ่งและค่าสถิติของปริมาณ โครเมียมในใบ ประเภทที่มีการตัดใบ.....	49
4.10 สมการลำดับที่หนึ่งและค่าสถิติของปริมาณ โครเมียมในราก ประเภทที่ไม่มีการตัดใบ.....	50
4.11 สมการลำดับที่หนึ่งและค่าสถิติของปริมาณ โครเมียมในราก ประเภทที่มีการตัดใบ.....	51
4.12 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในน้ำเข้าและน้ำออกจากการทดลองระยะระบบบำบัดจำลอง.....	52
4.13 ค่าอุณหภูมิในน้ำเข้าและน้ำออกในการทดลองระยะระบบบำบัดจำลอง.....	53
4.14 ค่าความนำไฟฟ้าในน้ำเข้าและน้ำออกในการทดลองระยะระบบบำบัดจำลอง.....	54
4.15 ลักษณะของดินทางเคมีที่ใช้ในการทดลองระยะระบบบำบัดจำลองก่อนการทดลอง.....	55
4.16 น้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกในระยะเวลาการทดลองระยะระบบบำบัดจำลอง.....	56
4.17 ปริมาตรและความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบบำบัดจำลอง.....	58
4.18 ความเข้มข้น โครเมียมและประสิทธิภาพในการบำบัดในน้ำเข้าและน้ำออกในระยะเวลา ทดลองในระบบบำบัดจำลอง.....	61
4.19 ค่าเฉลี่ยปริมาณโครเมียมของหญ้าแฝก และดินในระยะระบบบำบัดจำลอง.....	62
4.20 การสะสมของโครเมียมในส่วนต่างๆของระบบบำบัดจำลอง.....	63

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
5.1 ค่าคงที่สมการลำดับที่หนึ่ง (k) ในส่วนใบและรากของหญ้าแฝกที่ตัดใบและไม่ตัดใบ.....	65
ก.1 ปริมาณโครเมียมในระบะการทดลองขึ้นต้นน้ำเสียบโครเมียม 100%	73
ก.2 ปริมาณโครเมียมในระบะการทดลองขึ้นต้นน้ำเสียบโครเมียม 50%.....	74
ก.3 ปริมาณโครเมียมในระบะการทดลองขึ้นต้นน้ำเสียบโครเมียม 25%.....	75
ก.4 น้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกชุดทดลองที่ใช้น้ำเสียบโครเมียม 100% ระบะการทดลองขึ้นต้น.....	76
ก.5 น้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกชุดทดลองที่ใช้น้ำเสียบโครเมียม 50% ระบะการทดลองขึ้นต้น.....	77
ก.6 น้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกชุดทดลองที่ใช้น้ำเสียบโครเมียม 25% ระบะการทดลองขึ้นต้น.....	78
ก.7 ความสูงของหญ้าแฝกในชุดทดลองที่เติมน้ำเสียบโครเมียม 100% ระบะการทดลองขึ้นต้น.....	79
ก.8 ความสูงของหญ้าแฝกในชุดทดลองที่เติมน้ำเสียบโครเมียม 50% ระบะการทดลองขึ้นต้น.....	80
ก.9 ความสูงของหญ้าแฝกในชุดทดลองที่เติมน้ำเสียบโครเมียม 25% ระบะการทดลองขึ้นต้น.....	81
ข.1 ค่าอุณหภูมิ(temperature)ในน้ำเข้าและน้ำออกในระบะการทดลองในระบบบำบัดจำลอง.....	83
ข.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH)ในน้ำเข้าและน้ำออกในระบะการทดลองในระบบบำบัดจำลอง....	84
ข.3 ค่าความนำไฟฟ้า (conductivity) ในน้ำเข้าและน้ำออกในระบะการทดลองในระบบบำบัด จำลอง.....	85
ข.4 ปริมาณน้ำออก ของชุดทดลองต่างในระบะการทดลองขึ้นการทดลองระบบบำบัดจำลอง ...	86
ค. 1 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติแบบ ANOVA ในเรื่องน้ำหนักแห้ง (ส่วนใบ) ของ หญ้าแฝกทั้งตัดใบและไม่ตัดใบซึ่งเติมน้ำเสียบโครเมียม 100%	88
ค. 2 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติแบบ ANOVA ในเรื่องน้ำหนักแห้ง (ส่วนใบ) ของ หญ้าแฝกทั้งตัดใบและไม่ตัดใบซึ่งเติมน้ำเสียบโครเมียม 50%	88
ค. 3 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติแบบ ANOVA ในเรื่องน้ำหนักแห้ง (ส่วนใบ) ของ หญ้าแฝกทั้งตัดใบและไม่ตัดใบซึ่งเติมน้ำเสียบโครเมียม 25 %.....	89
ค. 4 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติแบบ ANOVA ในเรื่องน้ำหนักแห้ง (ส่วนใบ) ของ หญ้าแฝกไม่ตัดใบซึ่งเติมน้ำเสียบโครเมียม 100% น้ำเสียบโครเมียม 50% และ น้ำเสียบโครเมียม 25 %.....	89
ค. 5 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติแบบ ANOVA ในเรื่องน้ำหนักแห้ง (ส่วนราก) ของ หญ้าแฝกตัดใบซึ่งเติมน้ำเสียบโครเมียม 100% น้ำเสียบโครเมียม 50% และน้ำเสียบโครเมียม 25%.....	90

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ค. 6 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติแบบ ANOVA ในเรื่องน้ำหนักแห้ง (ส่วนราก) ของหญ้าแฝกทั้งตัดใบและไม่ตัดใบซึ่งเติมน้ำเสียโครเมียม 100%.....	91
ค.7 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติแบบ ANOVA ในเรื่องน้ำหนักแห้ง (ส่วนราก) ของหญ้าแฝกทั้งตัดใบและไม่ตัดใบซึ่งเติมน้ำเสียโครเมียม 50%	91
ค.8 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติแบบ ANOVA ในเรื่องน้ำหนักแห้ง (ส่วนราก) ของหญ้าแฝกทั้งตัดใบและไม่ตัดใบซึ่งเติมน้ำเสียโครเมียม 25 %.....	92
ค.9 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติแบบ ANOVA ในเรื่องน้ำหนักแห้ง (ส่วนราก) ของหญ้าแฝกตัดใบซึ่งเติมน้ำเสียโครเมียม 100% น้ำเสียโครเมียม 50% และ น้ำเสียโครเมียม 25 %.....	93
ค.10 ผลของการทดสอบทางสถิติแบบ ANOVA ในเรื่องน้ำหนักแห้ง (ส่วนราก) ของหญ้าแฝกไม่ตัดใบหญ้าแฝกตัดใบซึ่งเติมน้ำเสียโครเมียม 100% น้ำเสียโครเมียม 50% แล น้ำเสียโครเมียม 25 %.....	94
ค.11 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติแบบ ANOVA ในเรื่องปริมาณโครเมียมของน้ำออกในบ่อบำบัดจำลอง 3 ระบบ.....	95

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.1 แสดงกระถางทดลองในระบะการทดลองขั้นต้น.....	19
3.2 ลักษณะการจัดวางชุดทดลองทั้ง 9 ชุดทดลอง.....	19
3.3 บึงประดิษฐ์ในการทดลองระบบบำบัดจำลอง.....	23
4.1 น้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกหอมซึ่งไม่มีการตัดใบที่ได้น้ำเสียดความเข้มข้นต่างๆตลอด ระยะเวลาการทดลอง.....	31
4.2 น้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกหอมซึ่งมีการตัดใบ ณ วันที่ 60 ได้น้ำเสียดความเข้มข้นต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง.....	33
4.3 น้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกหอมที่ตัดใบและไม่ตัดใบที่ได้น้ำเสียดโครเมียม 25%.....	35
4.4 น้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกหอมที่ตัดใบและไม่ตัดใบที่ได้น้ำเสียดโครเมียม 50%.....	36
4.5 น้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกหอมที่ตัดใบและไม่ตัดใบที่ได้น้ำเสียดโครเมียม 100%.....	37
4.6 ความสูงของหญ้าแฝกทั้งที่ตัดใบและไม่ตัดใบซึ่งได้น้ำเสียดอัตราส่วนต่างๆ	39
4.7 ความยาวรากของหญ้าแฝกทั้งที่ตัดใบและไม่ตัดใบซึ่งได้น้ำเสียดอัตราส่วนต่างๆ	41
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ โครเมียม ในใบหญ้าแฝกที่ไม่มีการตัดใบกับจำนวนวัน.....	48
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ โครเมียม ในใบกับจำนวนวันประเภทที่ไม่มีการตัดใบ	49
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ โครเมียม ในรากกับจำนวนวันประเภทที่ไม่มีการตัดใบ.....	50
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ โครเมียม ในรากกับจำนวนวันประเภทที่มีการตัดใบ.....	51
ง.1 รูปชุดทดลองหญ้าแฝกในระบะการทดลองขั้นต้น.....	97
ง.2 รูประบบบำบัดจำลอง ณ วันที่ 0	97
ง.3 รูประบบบำบัดจำลอง ณ วันที่ 120	99