

การหาปริมาณโลหะหนักในหญ้าแฝกที่ดูดจากน้ำเสียโดยใช้เทคนิควิเคราะห์ทางนิวเคลียร์



นายธนสรค์ นิรัญราช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-0487-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 204 45532

2 1 พ.ค. 2546

DETERMINATION OF HEAVY METAL CONTENTS IN VETIVER GRASS ABSORBED FROM
WASTEWATER USING NUCLEAR ANALYTICAL TECHNIQUES

Mr. Tanasun Nirunrach

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Nuclear Technology

Department of Nuclear Technology

Faculty of Engineering

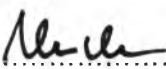
Chulalongkorn University

Academic year 2001


ISBN 974-03-0487-7

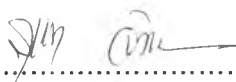
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การหาปริมาณโลหะหนักในหญ้าแฝกที่ดูดจากน้ำเสียโดยใช้เทคนิค
วิเคราะห์ทางนิวเคลียร์
โดย นายธเนศวรค์ นิรัญราช
สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพิชชา จันทร์โยธา

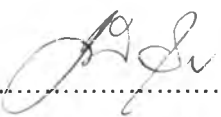
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้ฉันวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....  คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สมยศ ศรีสถิตย์)

.....  อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพิชชา จันทร์โยธา)

.....  อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. นวลฉวี รุ่งนเกียรติ)

.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทร์ขาว)

ธนสรณ์ นิรัญราช : การหาปริมาณโลหะหนักในหญ้าแฝกที่ดูดจากน้ำเสียโดยใช้
เทคนิควิเคราะห์ทางนิวเคลียร์. (DETERMINATION OF HEAVY METAL CONTENTS IN
VETIVER GRASS ABSORBED FROM WASTEWATER USING NUCLEAR
ANALYTICAL TECHNIQUES) อ. ที่ปรึกษา: ผศ.ดร. สุพิชชา จันทร์โยธา อ. ที่ปรึกษา
ร่วม: รศ.ดร. นวลฉวี รุ่งธนเกียรติ, 140 หน้า. ISBN 974-03-0487-7.

เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (XRF), นิวตรอนแอคติเวชัน (NAA) และ อะตอมมิกแอบซอร์พชัน
สเปกโตรโฟโตเมตรี (AA) ถูกนำมาใช้วิเคราะห์หาความเข้มข้นโลหะหนักเป็นพิษ 5 ชนิด ได้แก่ ตะกั่ว
สังกะสี ทองแดง นิกเกิล และโครเมียม ที่ถูกดูดซับในแฝกที่รดด้วยน้ำชะมูลฝอยและน้ำเสียอุตสาหกรรม
กรรม โดยปลูกแฝกกลุ่มแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานีในกระถาง แบบสุ่มตลอดที่มี 4 ซ้ำ แต่ละกลุ่มรด
ด้วยน้ำที่มีความเข้มข้นของน้ำเสียอยู่ 0, 50, 70 และ 100 เปอร์เซ็นต์ แฝกที่รดด้วยน้ำชะมูลฝอยถูก
เก็บเกี่ยวที่ 90 และ 120 วัน หลังรดน้ำเสีย ส่วนแฝกที่รดด้วยน้ำเสียอุตสาหกรรมถูกเก็บเกี่ยวที่ 45
และ 90 วัน ความสูงของแฝกถูกวัดในช่วงระยะเวลาการทดลอง ซึ่งพบว่า เมื่อความเข้มข้นของน้ำ
เสียเพิ่มขึ้น ความสูงและน้ำหนักแห้งของแฝกจะลดลง ยิ่งไปกว่านั้นแฝกที่รดด้วยน้ำเสียที่มีความเข้ม
ขัน 100 เปอร์เซ็นต์ ของทั้ง 2 กลุ่ม ตายทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์โลหะหนักโดยเทคนิคนิวเคลียร์ข้างต้น พบว่า XRF และ AA สามารถ
วิเคราะห์โลหะหนักพบทั้ง 5 ชนิด ส่วนเทคนิค NAA ตรวจพบได้เฉพาะสังกะสี และโครเมียม ทั้งนี้
เนื่องมาจากในตัวอย่างมีปริมาณโซเดียมสูง ความเข้มข้นของโลหะหนักที่วิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ได้
จากการวิเคราะห์โดยเทคนิค XRF ซึ่งพบว่า แฝกที่รดด้วยน้ำชะมูลฝอยมีสัดส่วนของความเข้มข้น
ของ ทองแดง และโครเมียม อยู่ในใบบากกว่าในราก ส่วนแฝกที่รดด้วยน้ำเสียอุตสาหกรรมมีสัดส่วน
ของความเข้มข้นของ สังกะสี ทองแดง นิกเกิล และโครเมียม อยู่ในรากมากกว่าในใบ

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี
สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2544

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

##4170330821 :MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEY WORD: X-RAY FLUORESCENCE / NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS / VETIVER

GRASS : DETERMINATION OF HEAVY METAL CONTENTS IN VETIVER

GRASS ABSORBED FROM WASTEWATER USING NUCLEAR ANALYTICAL

TECHNIQUES. THESIS ADVISOR: ASSIST. PROF. SUPITCHA

CHANYOTHA, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. NUALCHAVEE

ROONGTANAKIAT, Ph.D, 140 PP., ISBN 974-03-0487-7.

X-ray Fluorescence (XRF), Neutron Activation Analysis (NAA) and Atomic Absorption Spectrophotometry (AA) techniques were used to analyze five heavy toxic metals; Pb, Zn, Cu, Ni and Cr; absorbed in vetiver which irrigated by industrial/leachate wastewater. Lowland vetiver grass ecotype Surat Thani were planted in pot using Completely Randomized Design (CRD) with 4 replication. Vetiver in pots were then supplied with water in which there are 0, 50, 70 and 100% concentration of wastewater. The harvestion periods were 90 and 120 days for vetiver irrigated by leachate, 45 and 90 days for industrial wastewater application. The height of plants in both groups were measured during the experiment periods. It has been found that for higher concentration and more amount of wastewater applied caused less plant height and dry matter. Moreover at 100% wastewater, vetiver could not survive.

The results of heavy metal concentration analyses show that all five toxic metals could be analyzed by XRF and AA techniques. Only Cr and Zn could be found when using NAA due to high sodium content in the sample. The amount of heavy metal concentrations presented here were determined by XRF technique. The results show that concentration fraction of Cu and Cr have been found more in shoot than in root for vetiver irrigated by leachate while Zn, Cu, Ni and Cr have been found in shoot less than in root for vetiver irrigated by industrial wastewater.

Department Nuclear Technology

Field of study Nuclear Technology

Academic year 2001

Student's signature.....

Advisor's signature.....

Co-advisor's signature.....

T. Minumb
Supitcha Chanyottha
Nualchavee

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพิชชา จันทร์โยธา และ รองศาสตราจารย์ ดร. นวลฉวี รุ่งธนเกียรติ เป็นอย่างสูงที่ให้ความกรุณาในการให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางการวิจัย แง่คิดทางวิชาการ และให้ความอนุเคราะห์ในการให้ยืมอุปกรณ์และสถานที่เพื่อใช้ในการวิจัย ทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ เนเรศร์ จันทร์ขาว ที่ให้คำแนะนำ ตรวจสอบจุดบกพร่อง และให้คำปรึกษาทางวิชาการตลอดระยะเวลาที่วิจัย

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ธเรศ ศรีสถิตย์ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่าน สำหรับความเป็นกันเอง และความเอื้ออาทรที่ให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการกองฟิสิกส์ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่ให้ความอุปการะช่วยเหลือในเรื่องการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนิวตรอนแอกติเวชันมาตลอด

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์ ผู้อำนวยการศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย รวมทั้งขอขอบคุณสำหรับความมีน้ำใจที่มีให้แก่ผู้ทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ ทุกคนในภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ที่ให้ความสนับสนุนในเรื่องกำลังใจ และความมีน้ำใจที่ให้แก่มาตลอด

คุณความดีและประโยชน์จากการวิจัยครั้งนี้ หากจะพึงมี ขอมอบให้ บิดา มารดา ผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่าง

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | จ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ฉ |
| สารบัญ..... | ช |
| สารบัญตาราง..... | ฅ |
| สารบัญรูป..... | ท |
| บทที่ | |
| 1. บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย..... | 2 |
| 1.3 สถานที่ทำการวิจัย..... | 2 |
| 1.4 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย..... | 3 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 3 |
| 2. ทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 4 |
| 2.1 ทฤษฎีของนิเวตรอนแอคติเวชัน..... | 4 |
| 2.2 การวิเคราะห์ธาตุด้วยวิธีเรืองรังสีเอกซ์..... | 16 |
| 2.3 หญ้าแฝก..... | 23 |
| 2.4 โลหะหนัก..... | 25 |
| 2.5 สถิติทดสอบ..... | 27 |
| 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 29 |
| 3. การดำเนินการวิจัย..... | 31 |
| 3.1 วัสดุอุปกรณ์ในการวิจัย..... | 31 |
| 3.2 สารเคมีที่ใช้..... | 31 |
| 3.3 ดิน น้ำชะมูลฝอย และน้ำเสียอุตสาหกรรม..... | 33 |
| 4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง..... | 39 |
| 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพ และโลหะหนักในดินและน้ำเสีย..... | 39 |
| 4.2 ผลการทดสอบด้านการเจริญเติบโต น้ำหนักต่อต้น ปริมาณโลหะหนัก..... | 62 |
| ดูฉบับในแฟก และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ | |
| 4.3 การกระจายของความเข้มข้นของโลหะหนักในต้น ราก และดิน..... | 76 |

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| 5. วิจารณ์ผลการทดลอง..... | 81 |
| 5.1 ผลการทดลองการเจริญเติบโต..... | 81 |
| 5.2 ผลการทดลองการสะสมโลหะหนัก..... | 85 |
| 5.3 การสร้างกราฟเปรียบเทียบ..... | 84 |
| 5.4 ผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักที่วิเคราะห์โดยเทคนิค..... | 86 |
| นิวตรอนแอคติเวชัน(NAA) เทคนิคการเรืองรังสีเอ็กซ์(XRF) และ | |
| อะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตเมตรี(AA) | |
| 6. สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต..... | 89 |
| 6.1 สรุปผลการศึกษา..... | 89 |
| 6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต..... | 90 |
| รายการอ้างอิง..... | 92 |
| ภาคผนวก..... | 95 |
| ภาคผนวก ก..... | 96 |
| ภาคผนวก ข..... | 100 |
| ภาคผนวก ค..... | 133 |
| ภาคผนวก ง..... | 139 |
| ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... | 140 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|----------|---|
| 2.1 | ขีดต่ำสุดของการตรวจวิเคราะห์ของธาตุบางชนิดโดยวิธีนิวตรอนแอคติเวชัน.....13 |
| 2.2 | แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆของหญ้าแฝกกลุ่มและหญ้าแฝกดอน.....24 |
| 2.3 | ความเป็นพิษของตะกั่ว สังกะสี ทองแดง นิเกิล และโครเมียม.....26 |
| 2.4 | การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์.....27 |
| 4.1 | ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียทั้ง 2 ชนิด.....40 |
| 4.2 | โลหะหนักที่สะสมในดินก่อนการทดลอง.....41 |
| 4.3 | ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอย.....42 |
| 4.4 | ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำเสียอุตสาหกรรม.....43 |
| 4.5 | ความสูงเฉลี่ยของแฝกที่รดด้วยน้ำชะมูลฝอย ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 90 วัน.....45 |
| 4.6 | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของแฝก ที่รดด้วยน้ำชะมูลฝอย.....46 ของระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 90 วัน |
| 4.7 | ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอย(เปอร์เซ็นต์)ที่ระดับ.....47 ต่างๆต่อความสูงของแฝก ในระยะเวลาการเก็บเกี่ยวแรก(90 วัน) |
| 4.8 | ความสูงเฉลี่ยของแฝกที่รดด้วยน้ำชะมูลฝอย ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 120 วัน.....47 |
| 4.9 | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของแฝก ที่รดด้วยน้ำชะมูลฝอย.....49 ของระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 120 วัน |
| 4.10 | ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอย(เปอร์เซ็นต์)ที่ระดับ.....50 ต่างๆต่อความสูงของแฝก ในระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่สอง(120 วัน) |
| 4.11 | ความสูงเฉลี่ยของแฝกที่รดด้วยน้ำเสียอุตสาหกรรม ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 45 วัน.....51 |
| 4.12 | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของแฝก ที่รดด้วย.....52 น้ำเสียอุตสาหกรรมของระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 45 วัน |
| 4.13 | ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำเสียอุตสาหกรรม(เปอร์เซ็นต์).....52 ที่ระดับต่างๆต่อความสูงของแฝก ในระยะเวลาการเก็บเกี่ยวแรก(45 วัน) |
| 4.14 | ความสูงเฉลี่ยของแฝกที่รดด้วยน้ำเสียอุตสาหกรรม ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 90 วัน.....53 |

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

| | |
|--|----|
| ตารางที่ | |
| 4.15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของแฝก ที่รดด้วย..... | 55 |
| น้ำเสียอุตสาหกรรม ของระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 45 วัน | |
| 4.16 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำเสียอุตสาหกรรม(เปอร์เซ็นต์)..... | 56 |
| ที่ระดับต่างๆต่อความสูงของแฝก ในระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่สอง(90 วัน) | |
| 4.17 น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นของแฝก ที่รดด้วยน้ำเสียทั้ง 2 ชนิด(กรัม)..... | 57 |
| 4.18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นของต้นของแฝกที่รดด้วย..... | 58 |
| น้ำชะมูลฝอย โดยเปรียบเทียบระหว่าง 2 ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวคือ 90 วัน | |
| และ 120 วัน จำนวนข้อมูลทั้งหมด = 32 | |
| 4.19 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอย(เปอร์เซ็นต์)ที่ระดับ..... | 59 |
| ต่างๆต่อน้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นของต้นของแฝก | |
| 4.20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นของรากของแฝกที่รดด้วย..... | 59 |
| น้ำชะมูลฝอย โดยเปรียบเทียบระหว่าง 2 ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวคือ 90 วัน | |
| และ 120 วัน จำนวนข้อมูลทั้งหมด = 32 | |
| 4.21 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอย(เปอร์เซ็นต์)ที่ระดับ..... | 60 |
| ต่างๆต่อน้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นของรากของแฝก | |
| 4.22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นของต้นของแฝกที่รดด้วย..... | 60 |
| น้ำเสียอุตสาหกรรม โดยเปรียบเทียบระหว่าง 2 ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวคือ 45 วัน | |
| และ 90 วัน จำนวนข้อมูลทั้งหมด = 32 | |
| 4.23 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำเสียอุตสาหกรรม(เปอร์เซ็นต์)..... | 61 |
| ที่ระดับต่างๆต่อน้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นของต้นของแฝก | |
| 4.24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นของรากของแฝกที่รดด้วย..... | 61 |
| น้ำเสียอุตสาหกรรม โดยเปรียบเทียบระหว่าง 2 ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวคือ 90 วัน | |
| และ 90 วัน จำนวนข้อมูลทั้งหมด = 32 | |

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่

- 4.25 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำเสียอุตสาหกรรม(เปอร์เซ็นต์).....62
ที่ระดับต่างๆต่อน้ำหนักเฉลี่ยต่อตันของรากของแฝก
- 4.26 ความเข้มข้นของโลหะหนักในต้นของแฝกที่รดด้วยน้ำชะมูลฝอย ของระยะเวลาเก็บ.....63
เกี่ยว 90 วัน และ 120 วัน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
- 4.27 ความเข้มข้นของโลหะหนักในต้นของแฝกที่รดด้วยน้ำชะมูลฝอย ของระยะเวลาเก็บ.....63
เกี่ยว 90 วัน และ 120 วัน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
- 4.28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักที่สะสมในต้นของแฝกที่รดด้วย.....65
น้ำชะมูลฝอย ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 90 วัน ที่ชนิดโลหะหนัก และระดับความเข้มข้น
ต่างๆ จำนวนข้อมูลทั้งหมด = 80
- 4.29 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอย(เปอร์เซ็นต์).....65
ที่ระดับต่างๆ ต่อการสะสมของโลหะหนักในต้นของแฝกที่ระยะเวลา 90 วันโดย
เปรียบเทียบระหว่างโลหะหนักทั้ง 5 ชนิด
- 4.30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักที่สะสมในรากของแฝกที่รดด้วย.....66
น้ำชะมูลฝอย ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 90 วัน ที่ชนิดโลหะหนัก และระดับความเข้มข้น
ต่างๆ จำนวนข้อมูลทั้งหมด = 80
- 4.31 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอย(เปอร์เซ็นต์).....66
ที่ระดับต่างๆ ต่อการสะสมของโลหะหนักในรากของแฝกที่ระยะเวลา 90 วัน
- 4.32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักที่สะสมในต้นของแฝกที่รดด้วย.....67
น้ำชะมูลฝอย ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 120 วัน ที่ชนิดโลหะหนัก และระดับ
ความเข้มข้นต่างๆ จำนวนข้อมูลทั้งหมด = 80
- 4.33 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอย(เปอร์เซ็นต์).....67
ที่ระดับต่างๆ ต่อการสะสมของโลหะหนักในต้นของแฝกที่ระยะเวลา 120 วัน
- 4.34 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักที่สะสมในรากของแฝกที่รดด้วย.....68
น้ำชะมูลฝอย ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 120 วัน ที่ชนิดโลหะหนัก และระดับความเข้มข้น
ต่างๆ จำนวนข้อมูลทั้งหมด = 80

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

| | |
|--|----|
| ตารางที่ | |
| 4.35 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอย(เปอร์เซ็นต์)..... | 68 |
| ที่ระดับต่างๆ ต่อการสะสมของโลหะหนักในรากของแฝกที่ระยะเวลา 120 วัน | |
| 4.36 ความเข้มข้นของโลหะหนักในต้นของแฝก ที่รดด้วยน้ำเสีย..... | 69 |
| อุตสาหกรรมระยะการเก็บเกี่ยว 45 วันและ 90 วัน(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | |
| 4.37 ความเข้มข้นของโลหะหนักในรากของแฝก ที่รดด้วยน้ำเสีย..... | 69 |
| อุตสาหกรรมระยะการเก็บเกี่ยว 45 วันและ 90 วัน(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | |
| 4.38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักที่สะสมในต้นของแฝกที่รดด้วย..... | 71 |
| น้ำเสียอุตสาหกรรม ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 45 วัน ที่ชนิดโลหะหนัก และ | |
| ระดับความเข้มข้นต่างๆ จำนวนข้อมูลทั้งหมด = 100 | |
| 4.39 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำเสียอุตสาหกรรม(เปอร์เซ็นต์)..... | 72 |
| ที่ระดับต่างๆ ต่อการสะสมของโลหะหนักในต้นของแฝกที่ระยะเวลา 45 วัน | |
| 4.40 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักที่สะสมในรากของแฝกที่รดด้วย..... | 72 |
| น้ำเสียอุตสาหกรรม ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 45 วัน ที่ชนิดโลหะหนัก และ | |
| ระดับความเข้มข้นต่างๆ จำนวนข้อมูลทั้งหมด = 80 | |
| 4.41 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำเสียอุตสาหกรรม(เปอร์เซ็นต์)..... | 73 |
| ที่ระดับต่างๆ ต่อการสะสมของโลหะหนักในรากของแฝกที่ระยะเวลา 45 วัน | |
| 4.42 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักที่สะสมในต้นของแฝกที่รดด้วย..... | 73 |
| น้ำเสียอุตสาหกรรม ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 90 วัน ที่ชนิดโลหะหนัก และ | |
| ระดับความเข้มข้นต่างๆ จำนวนข้อมูลทั้งหมด = 80 | |
| 4.43 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำเสียอุตสาหกรรม(เปอร์เซ็นต์)..... | 74 |
| ที่ระดับต่างๆ ต่อการสะสมของโลหะหนักในต้นของแฝกที่ระยะเวลา 90 วัน | |
| 4.44 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักที่สะสมในรากของแฝกที่รดด้วย..... | 74 |
| น้ำเสียอุตสาหกรรม ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 90 วัน ที่ชนิดโลหะหนัก และ | |
| ระดับความเข้มข้นต่างๆ จำนวนข้อมูลทั้งหมด = 80 | |
| 4.45 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความเข้มข้นของน้ำเสียอุตสาหกรรม(เปอร์เซ็นต์)..... | 75 |
| ที่ระดับต่างๆ ต่อการสะสมของโลหะหนักในรากของแฝกที่ระยะเวลา 90 วัน | |

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

| | |
|--|----|
| ตารางที่ | |
| 4.46 การกระจายของความเข้มข้นของโลหะหนักในแฝกที่รดด้วยน้ำชะมูลฝอย..... | 77 |
| ของระยะเวลาเก็บเกี่ยว 90 วัน | |
| 4.47 การกระจายของความเข้มข้นของโลหะหนักในแฝกที่รดด้วยน้ำชะมูลฝอย | 78 |
| ของระยะเวลาเก็บเกี่ยว 120 วัน | |
| 4.48 การกระจายของความเข้มข้นของโลหะหนักในแฝกที่รดด้วยน้ำเสียอุตสาหกรรม | 79 |
| ของระยะเวลาเก็บเกี่ยว 45 วัน | |
| 4.49 การกระจายของความเข้มข้นของโลหะหนักในแฝกที่รดด้วยน้ำเสียอุตสาหกรรม..... | 80 |
| ของระยะเวลาเก็บเกี่ยว 90 วัน | |
| 5.1 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสังกะสีและโครเมียมมีตะสมในต้น ราก และดิน..... | 86 |
| ในกลุ่มของแฝกที่รดด้วยน้ำชะมูลฝอยระยะเวลาเก็บเกี่ยว90วัน ซึ่งวิเคราะห์ด้วย | |
| เทคนิคนิวตรอนแอคติเวชัน(NAA)และวิธีการเรืองรังสีเอ็กซ์(XRF) | |
| 5.2 ผลความเข้มข้นของโลหะหนักในต้น ราก และดินที่รดด้วยน้ำชะมูลฝอย ระยะเก็บ..... | 87 |
| เกี่ยว 90 วัน ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีอะตอมมิคแอบซอร์พชัน | |
| 6.1 ระดับความเข้มข้นของโลหะหนักที่แฝกสามารถเจริญเติบโตได้..... | 90 |

สารบัญรูป

| รูปที่ | หน้า |
|--------|------|
| 2.1 | 6 |
| 2.2 | 17 |
| 2.3 | 18 |
| 2.4 | 19 |
| 2.5 | 21 |
| 2.6 | 21 |
| 2.7 | 22 |
| 3.1 | 32 |
| 3.2 | 34 |
| 3.3 | 35 |
| 3.4 | 36 |
| 3.5 | 37 |
| 5.1 | 82 |