สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การกำจัดโครเมียมจากน้ำเสียด้วยต้นธูปฤาษี

นางสาวกิติพร พรหมเทศน์

นางสาวสุนันท์ แรมสว่าง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 43901
วัน, เดือน, ปี 17 ต.ค. 2545

.b.....
.i.....

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Removal of Chromium from Wastewater by *Typha* sp. (Cattail)

Miss Kitiporn promted
Miss Sunun Ramsawang

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the
Degree Bachelor of Science
Departmen of Chemistry
Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การกำจัดโครเมียมจากน้ำเสียด้วยต้นธูปฤาษี
โดย	นางสาวกิติพร พรหมเทศน์
	นางสาวสุนันท์ แรมสว่าง
ภาควิชา	เคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

_____ หัวหน้าภาค

(ผศ.ดร. สมศักดิ์ วรมงคลชัย)

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

_____ ประธานกรรมการ

(รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล)

_____ กรรมการ

(อาจารย์ กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์)

_____ กรรมการ

(ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การกำจัดโครเมียมจากน้ำเสียด้วยต้นธูปฤาษี
นักศึกษา นางสาวกิติพร พรหมเทศน์
นางสาวสุนันท์ แรมสว่าง
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย
ภาควิชา เคมี
ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียด้วยต้นธูปฤาษี โดยปลูกในภาชนะพลาสติกที่มีขนาด 60 ลิตร และใส่ทราย 15 เซนติเมตรจากระดับล่างของภาชนะ จำนวน 7 ต้นในแต่ละถัง เติมน้ำลงไป 30 ลิตร โดยน้ำที่ใช้เติมมี 2 ชนิด คือ น้ำบ่อ และน้ำเสียชุมชน น้ำแต่ละชนิดจะมีการใส่สารละลายโครเมียมที่เตรียมจาก โปตัสเซียมไดโครเมต ให้มีความเข้มข้นของโครเมียม 0, 1, 5, 10, 20 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ใช้ระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสีย 3 เดือน หลังจากนั้นจึงนำน้ำ ต้นธูปฤาษี และทรายมาวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี ในกรณีของน้ำทำการวิเคราะห์ค่าพีเอช ค่าบีโอดี ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด(TP) ส่วนทรายและต้นธูปฤาษีทำการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม

ผลการศึกษาพบว่า ค่าพีเอชในน้ำบ่ออยู่ในช่วง 7.11 – 7.83 ขณะที่น้ำเสียชุมชนมีค่าพีเอชประมาณ 7.89 – 8.47 ประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีและทีเคเอ็นในน้ำบ่อมีค่าเท่ากับ 24.39 % , 92.9 % ตามลำดับ และในน้ำเสียชุมชนมีค่าเท่ากับ 79.27 % และ 94.84 % ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นของโครเมียม 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในน้ำบ่อจะมีประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัส 100 % ขณะที่ในน้ำเสียชุมชนมีประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัส 66.49 % ส่วนการเจริญเติบโตของต้นธูปฤาษีในน้ำบ่อที่มีความเข้มข้นของโครเมียมมากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จะพบว่าต้นธูปฤาษีหยุดการเจริญเติบโต ขณะที่น้ำเสียชุมชนที่มีความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด อีกทั้งที่ความเข้มข้นของโครเมียม 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ต้นธูปฤาษียังสามารถอยู่รอดได้ และเมื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำ ต้นธูปฤาษี และทราย พบว่ามีปริมาณโครเมียม 47 % , 64 % และ 42.6 % ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นของโครเมียม 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special project Title	Removal of Chromium from Wastewater byTypha sp.(Cattail)
Name	Miss Kitiporn promted
	Miss Sunun Ramsawang
Special Project Advisor	Asst. Pitsamai Chairat-utai
Department	Chemistry
Acadamic year	2001

Abstract

This research study on using cattail plants remarked chromium from wastewater. Cattail plants height 30 cm. were planted in sand height 15 cm. from the bottom of plastic basin. 7 cattail plants were planted in each basin. Two kinds of water were used in this study , pond water and domestic wastewater. Added both water into basin Thirty liters and then added chromium solution prepared from which potassium dichromate at 0,1,5,10,20, and 50 mg/L.d into pond water and domestic wastewater. After 3 months, water ,cattail plants and sand were chemically investigated. In case of water , pH , BOD , total kjedahl nitrogen (TKN), the quantity of totalphosphorous (TP) were examined. Analysis of the quantity of chromium was investigated in sand and cattail plants.

The results show that pH values in pond water is in the range of 7.11 – 7.83, while domestic wastewater show 7.89 – 8.47. The efficiency of decreasing BOD and TKN for pond water are 24.39 %, 92.9 % and for domestic wastewater are 79.27 %, 94.84 % respectively. At chromium concentration 1 mg/L., pond water showed 100 % phosphorous elimination. On the other hand , total phosphorous in domestic wastewater showed efficiency of elimination phosphorous at 66.49 %. In case of pond water, it was found that the cattail plants will stop growing at chromium concentration higher than 1 mg/L. While domestic wastewater , 1 mg/L of chromium concentration was suitable. If chromium concentration 50 mg/l, cattail plants still alive.

Analysis of chromium concentration in water, cattail plants and sand , it was found that the quantity of chromium were 47 %, 64 % and 42.6 %, respectively under the experimental condition of chromium concentration 1 mg/L.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ของ ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ขอขอบคุณ รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล และอาจารย์ กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ ซึ่งท่านทั้งสองได้สละเวลามาเป็นกรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษและข้อเสนอแนะในการจัดทำโครงงาน

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์ ที่ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษา

ขอขอบคุณ อาจารย์ยุพา ตันทวี ที่ให้คำปรึกษาและข้อเสนะแนะเกี่ยวกับเครื่องย่อยสลาย

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมี ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีต่างๆ ที่จำเป็น

ขอบคุณ เพื่อนๆ ภาควิชาเคมี สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อมที่ให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือด้วยไมตรีจิต และเป็นกำลังใจที่ดี จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายที่สุดนี้ใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน ความรัก และกำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ผู้จัดทำ

นางสาวกิติพร พรหมเทศน์

นางสาวสุนันท์ แรมสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
12 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1 พืชที่ใช้ในการศึกษา	3
2.2 โลหะหนักที่ใช้ในการศึกษา	12
2.3 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ	17
2.4 คุณสมบัติทางกายภาพของทราย	21

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แหล่งของน้ำที่ใช้ในการปลูกต้นธูปฤาษี	22
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	22
3.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	22
3.4 การดำเนินการทดลอง	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 ค่าพีเอชของน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัด	26
4.2 ค่าบีโอดีของน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัด	27
4.3 ศึกษาปริมาณทีเคเอ็นไนโตรเจนในน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัด	28
4.4 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัด	29
4.5 ลักษณะของต้นธูปฤาษีที่ปลูกในน้ำบ่อและน้ำเสียชุมชน ที่มีการปนเปื้อนด้วยโครเมียม	30
4.6 ปริมาณโครเมียมในน้ำ ต้นธูปฤาษี และดิน	33
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	34
5.2 ข้อเสนอแนะ	35
เอกสารอ้างอิง	36
บรรณานุกรม	37
ภาคผนวก	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1	แสดงปริมาณการปล่อยโครเมียมจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ	13
ตาราง ที่ 3.1	แสดงความเข้มข้นของไอออนโครเมียมในแต่ละถังการทดลอง	24
ตารางที่ 3.2	วิธีการวิเคราะห์	25
ตารางที่ 4.1	แสดงค่าพีเอชของน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัด	26
ตารางที่ 4.2	แสดงค่าบีโอดีของน้ำบ่อ น้ำเสียชุมชนและ ประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดี	27
ตารางที่ 4.3	แสดงปริมาณทีเคเอ็นไนโตรเจนในน้ำเสีย และ ประสิทธิภาพในการกำจัดทีเคเอ็นไนโตรเจน	28
ตารางที่ 4.4	แสดงปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียก่อนและหลังบำบัด และประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัส	29
ตารางที่ 4.5	แสดงจำนวนต้นธูปฤาษีที่เหลืออยู่ในน้ำบ่อและน้ำเสีย ชุมชนหลังบำบัด	30
ตารางที่ 4.6	แสดงปริมาณโครเมียมที่สะสมอยู่ในน้ำ ต้นธูปฤาษีและดิน	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 2.1	ธูปฤาษี Typha sp. 1. ลักษณะต้น 2. ช่อดอก 3. ดอกตัวเมียที่เป็นหมัน ดอกตัวเมียปกติ	4
รูปที่ 2.2	สมดุลของนิเวศวิทยาของธูปฤาษีในพื้นที่ชุ่มน้ำ	5
รูปที่ 2.3	การเปลี่ยนแปลงในรอบวันของปริมาณ phytoplankton (ตัว/ลิตร) ในน้ำที่ระดับ ความลึก ต่างๆ ในพื้นที่ชุ่มน้ำ ณ โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ	7
รูปที่ 2.4	การเปลี่ยนแปลงในรอบวันของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen, mg/l) ในน้ำที่ระดับ ความลึกต่างๆ ในพื้นที่ชุ่มน้ำ ณ โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อม แหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ	7
รูปที่ 2.5	การปลดปล่อยออกซิเจนสู่บริเวณรากของต้นธูปฤาษี	10
รูปที่ 2.6	กลไกการเคลื่อนย้ายและการแลกเปลี่ยนออกซิเจนจาก บรรยากาศไปยังบริเวณระบบรากของธูปฤาษี	11
รูปที่ 2.7	การละลายของ Cr(OH)3 กับ ค่าพีเอช	14
รูปที่ 3.1	แสดงการเตรียมดินและพืช	23
รูปที่ 4.1	แสดงลักษณะของรากที่แตกต่างกันของต้นธูปฤาษี ที่ปลูกในน้ำบ่อและน้ำเสียชุมชน	31
รูปที่ 4.2	แสดงขนาดและจำนวนของต้นธูปฤาษีที่ปลูกใน น้ำบ่อและน้ำเสียชุมชน	31
รูปที่ 4.3	แสดงลักษณะของต้นธูปฤาษีที่ตายเนื่องจากได้รับโครเมียม ที่มีความเข้มข้นสูง	32
รูปที่ 4.4	แสดงการปรับตัวของต้นธูปฤาษีในน้ำเสียชุมชนที่เหี่ยวเฉา เนื่องจากผลของโครเมียม	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการพัฒนาทางเทคโนโลยีอย่างมาก ซึ่งการพัฒนาที่ขาดการป้องกันแก้ไขอย่างจริงจังนี้เองก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งต่อสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศ เกิดเป็นมลพิษทางน้ำ มลพิษทางดินและมลพิษทางอากาศมากมาย ซึ่งได้กลายเป็นปัญหาระดับโลกที่ทุกประเทศประสบอยู่

การปนเปื้อนโลหะหนักในสภาพแวดล้อมไม่ว่าจะในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมหรือการทำกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ล้วนแต่ส่งผลกระทบในระยะยาวต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม โลหะหนักเป็นแร่ธาตุกลุ่มทรานสิชั่น ย่อยสลายได้ยากในธรรมชาติ ดังนั้นจึงขับออกได้ยากและสะสมในร่างกายของสิ่งมีชีวิต ก่อให้เกิดพิษ เกิดความผิดปกติ เจ็บป่วยและเสียชีวิตได้ อีกทั้งส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในสิ่งแวดล้อมและเป็นปัญหามลพิษที่ยากต่อการกำจัดโครเมียมเป็นโลหะชนิดหนึ่งที่ย่อยสลายได้ยากและสะสมในร่างกายมนุษย์ ไม่ว่าจะทางอากาศซึ่งเกิดจากฝุ่นละอองโครเมียม ไอควันระเหย หรือสารละลาย ล้วนแต่เป็นอันตรายทั้งสิ้น ได้มีการยืนยันจากคณะกรรมการวิจัยโรคมะเร็งแห่งชาติ (International Agency for Research on Cancer, IARC) ว่าสารประกอบโครเมียมเป็น สารก่อมะเร็ง (Carcinogen) และเป็นโลหะหนักที่มีระดับความเป็นพิษกลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่มีความเป็นพิษสูงแม้ใช้ในความเข้มข้นต่ำๆ

ในธรรมชาติ ต้นธูปฤาษีเป็นพืชที่อยู่บริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำและแหล่งน้ำทั่วไปเป็นจำนวนมาก ทั้งยังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ซึ่งแหล่งน้ำอาจมีการละลายของสารประกอบโครเมียมจากชุมชนหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่มีโครเมียมปนเปื้อน จึงอาจก่อให้เกิดอันตรายและเกิดการสะสมสารพิษในธรรมชาติได้ ดังนั้นการกำจัดโครเมียมโดยใช้ธูปฤาษี จึงเป็นวิธีการบำบัดทางชีวภาพที่น่าสนใจวิธีหนึ่ง เนื่องจากใช้สารเคมีน้อย ไม่เป็นอันตรายต่อแหล่งน้ำบ่อ และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งประหยัดพลังงานและเสียค่าใช้จ่ายต่ำอีกด้วย

โครงงานนี้จึงเป็นการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียมโดยใช้ต้นธูปฤาษีในการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีโครเมียมเจือปน โดยมีความเข้มข้นของโครเมียมที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำธูปฤาษีมากำจัดโครเมียมในน้ำเสียแทนวิธีการใช้สารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ศึกษาการกำจัดโครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ต้นธูปฤาษี
2. ศึกษาประสิทธิภาพของต้นธูปฤาษีในการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีโครเมียมเจือปน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง มีการจัดเก็บน้ำมาใส่ถังไว้ใช้ตลอดการทดลอง ซึ่งได้แก่
   - น้ำบ่อ
   - น้ำเสียชุมชน
2. โลหะหนักที่ศึกษา คือ โครเมียม (Cr)
3. ต้นธูปฤาษี เก็บมาจากคูริมถนน แล้วนำมาปลูกในทรายที่มีความสูง 15 เซนติเมตร ใช้ถังพลาสติกที่มีปริมาตร 60 ลิตร และใช้ปริมาณน้ำเสีย 30 ลิตร
4. ระยะเวลาที่ศึกษา 3 เดือน

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการทดลองนี้เป็นการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักโครเมียมปนเปื้อนอยู่ โดยแบ่งขั้นตอนการทดลองออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสืบค้น ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาหลักพื้นฐานของการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติ การเลือกใช้พืช และข้อมูลต่าง ๆ ที่ เกี่ยวกับการใช้ต้นธูปฤาษีเพื่อกำจัดโลหะหนัก

ขั้นที่ 2 การทดลองและหาประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมของต้นธูปฤาษี

ขั้นที่ 3 ประมวลผลการทดลอง สรุป และวิจารณ์ผลการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการนี้

1. สามารถประยุกต์ใช้ต้นธูปฤาษี ในการกำจัดโคร์เมียมในขั้นตอนที่ 2 ของการบำบัดน้ำเสียจริงจากโรงงานอุตสาหกรรมได้
2. ช่วยลดมลภาวะที่เกิดจากโครเมียมได้
3. ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำบัด เนื่องจากไม่ต้องใช้สารเคมีในการตกตะกอนและการฝังกลบ นอกจากนั้นแล้วต้นธูปฤาษียังสามารถขยายพันธุ์และเจริญเติบโตได้ง่าย มีความทนต่อสภาพน้ำเสียสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 พืชที่ใช้ในการศึกษา

2.1.1 ธูปฤาษี

ธูปฤาษีมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Typha Angustifolia Lin* มีชื่อทางสามัญว่า Narrow – leaved Cattail จัดอยู่ใน Family Typhaceae

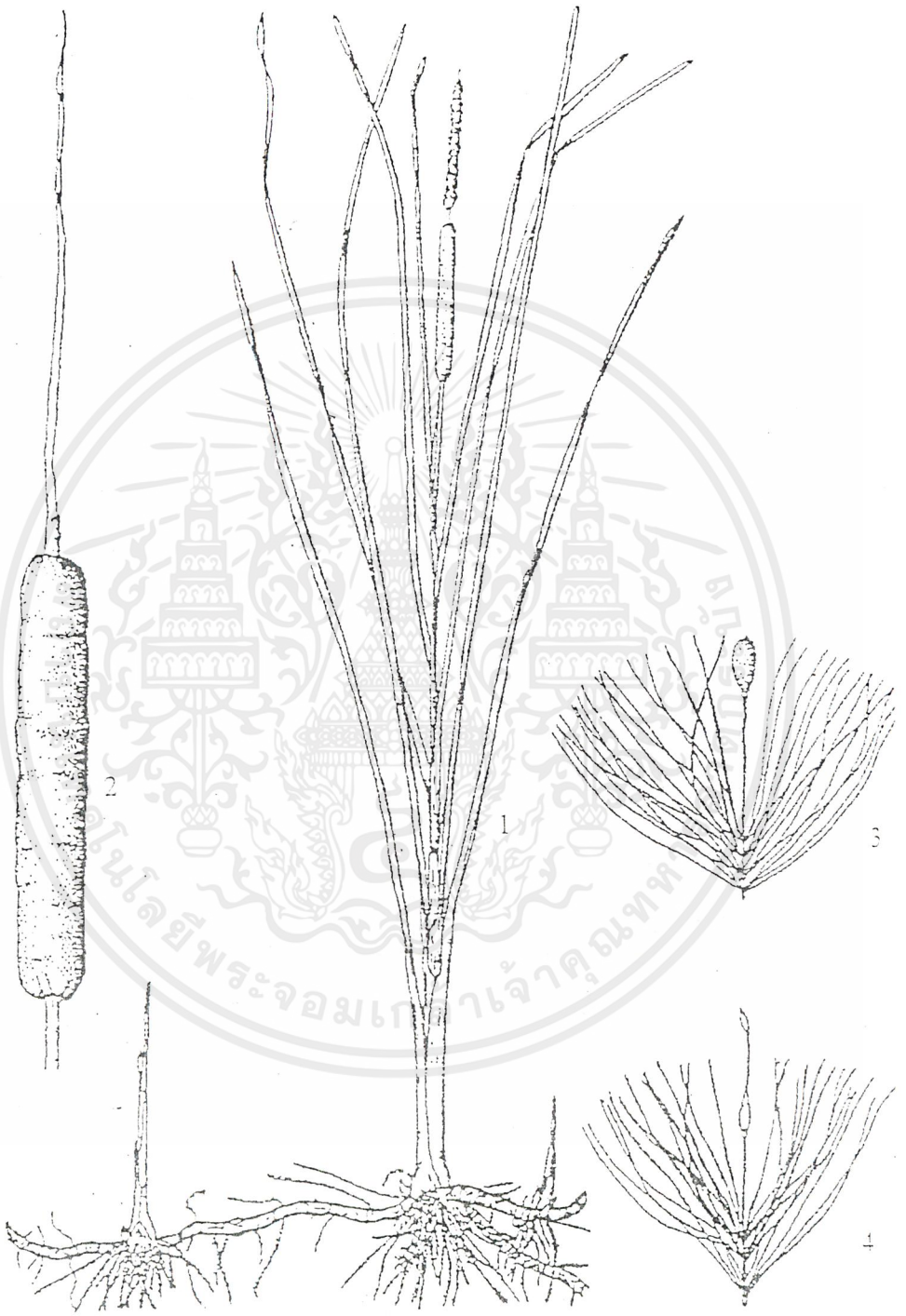
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของธูปฤาษี :

ธูปฤาษี เป็นวัชพืชที่แข็งแรงทนทาน มีอายุข้ามปี สูงประมาณ 1 – 3 เมตร ลำต้นใต้ดินแบบ Rhizome แตกกิ่งก้านสาขาลำต้นเหนือดินแข็ง ประกอบด้วยใบแตกออกเป็นแผงสองแนว โคนใบแผ่เป็นกาบอวบหนาหุ้มประกอบต้นไว้ ใบแก่อยู่ด้านนอกหุ้มใบอ่อนไว้ข้างใน กาบใบด้านในมีเมือกเหนียวๆ ขอบใบหนา โคนใบอวบหนากว่าปลายใบ แผ่นใบมีสีเขียวเข้ม ดอกออกเป็นช่อแบบ Spike แน่น รูปทรงกระบอก ช่อดอกมองดูเหมือนธูปใหญ่ ดอกย่อยแยกเพศ ดอกตัวผู้อยู่ตอนบนของช่อดอก ส่วนดอกตัวเมียอยู่ตอนล่าง(สุชาดา, 2530) ธูปฤาษีเป็นวัชพืชที่แพร่ระบาดอยู่ทั่วไปทั้งเขตร้อนและเขตอบอุ่น ขยายพันธุ์ด้วยหน่อและเมล็ด เนื่องจากเมล็ดพืชมีขนาดเล็กมาก ทำให้วัชพืชชนิดนี้สามารถแพร่ระบาดได้ในบริเวณกว้าง ซึ่งพบอยู่ทั่วไปในลำคลอง หนองน้ำและนาข้าว ทำให้สูญเสียพื้นที่ทางการเกษตร กีดขวางต่อการสัญจรไปมาทางน้ำ ทำให้ทางระบายน้ำและลำคลองตื้นเขิน เป็นที่อาศัยของแมลงและสัตว์ร้าย เช่น ยุง งู สุภาพรและคณะ (2537) รายงานว่า การศึกษาเกี่ยวกับธูปฤาษี ในระยะแรกๆ จะเน้นหนักในแง่การกำจัดธูปฤาษีด้วยวิธี Mechanical Control โดยใช้แรงงานและเครื่องจักรกล และทางชีววิทยา โดยใช้แมลงและเชื้อจุลินทรีย์ทำลาย วัชพืช สำหรับวิธีสุดท้ายโดยการใช้สารเคมี เช่น สารดาราฟอน สารอะมีโทรลที พาราควอท ซึ่งเป็นวิธีการที่เกษตรกรนิยมใช้กันมาก แต่สารเคมีที่ใช้กำจัดวัชพืชจะมีผลตกค้างในน้ำซึ่งจะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ ดังนั้นจึงได้มีการหามาตรการจัดการกับธูปฤาษีเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น การทำผลิตภัณฑ์จักสานจากธูปฤาษี การทำปุ๋ยหมักจากธูปฤาษี การใช้เป็นพืชคลุมดิน(Mulching) และการใช้ธูปฤาษีในการบำบัดน้ำเสียตามบ้านเรือน

สำหรับประโยชน์จากธูปฤาษี ในแง่ของการบำบัดน้ำเสีย Boyde (1970) กล่าวว่า ธูปฤาษีเป็นวัชพืชที่มีศักยภาพในการกำจัดและบำบัดน้ำเสีย เพราะรากของต้นธูปฤาษี มีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ที่อยู่ในน้ำเสียได้ค่อนข้างสูง ดังนั้นธูปฤาษีจึงทำหน้าที่เหมือนตัวกรองน้ำเสีย อีกทั้งมีการแลกเปลี่ยนก๊าซกับบรรยากาศผ่านใบ ก้านและลำต้นที่แผ่ขยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกเหนือน้ำ ทำให้ต้นธูปฤาษีมีประสิทธิภาพในการถ่ายเทออกซิเจนไปยังรากได้ ลักษณะโดยทั่วไปของธูปฤาษีแสดงดังรูปที่ 2.1



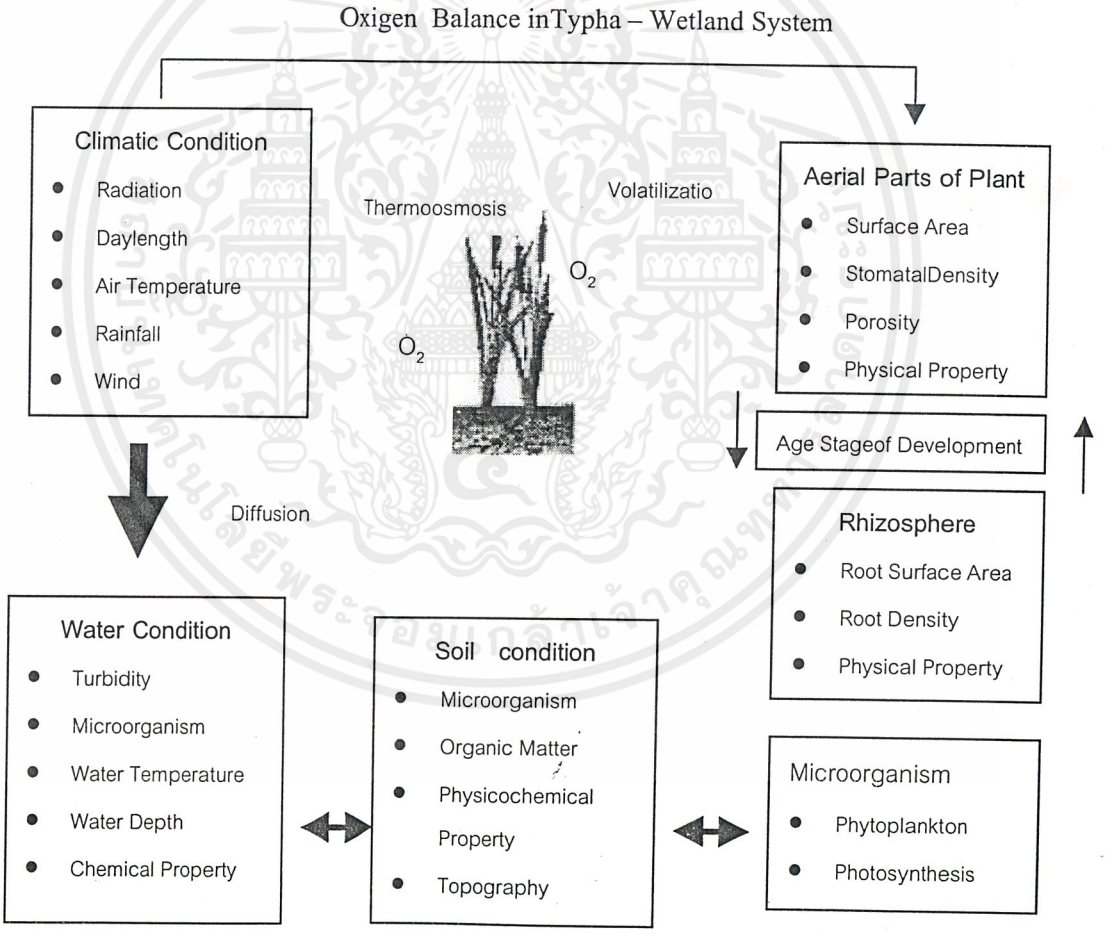
รูปที่ 2.1 ธูปฤาษี *Typha* sp. 1. ลักษณะต้น 2. ช่อดอก 3. ดอกตัวเมียที่เป็นหมัน 4. ดอกตัวเมียปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ความสัมพันธ์ทางสรีรวิทยาเชิงนิเวศของธูปฤาษีกับการแลกเปลี่ยนออกซิเจนในพื้นที่ชุ่มน้ำ

พื้นที่ชุ่มน้ำ (wetland) เป็นพื้นที่ที่ถูกน้ำท่วมขังหรืออิ่มตัวด้วยน้ำใต้ดินที่มีจำนวนครั้งของการท่วมขังและช่วงเวลาของการท่วมขังนานเพียงพอที่จะทำให้พืชพรรณที่แพร่กระจายสามารถปรับตัวให้เจริญเติบโตเป็นปกติภายใต้สภาวะที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำนั้น (Cowardin et al., 1979) ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะไร้ออกซิเจนของดินและกลไกทางสรีรวิทยาของพืชพรรณที่ปรับเปลี่ยนไปในแต่ละห้วงระยะเวลาจึงมีบทบาทสำคัญต่อสมดุลของการแลกเปลี่ยนอกซิเจนในระบบนิเวศของพื้นที่ชุ่มน้ำ (รูปที่ 2.2)

รูปที่ 2.2 สมดุลของนิเวศวิทยาของธูปฤาษีในพื้นที่ชุ่มน้ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

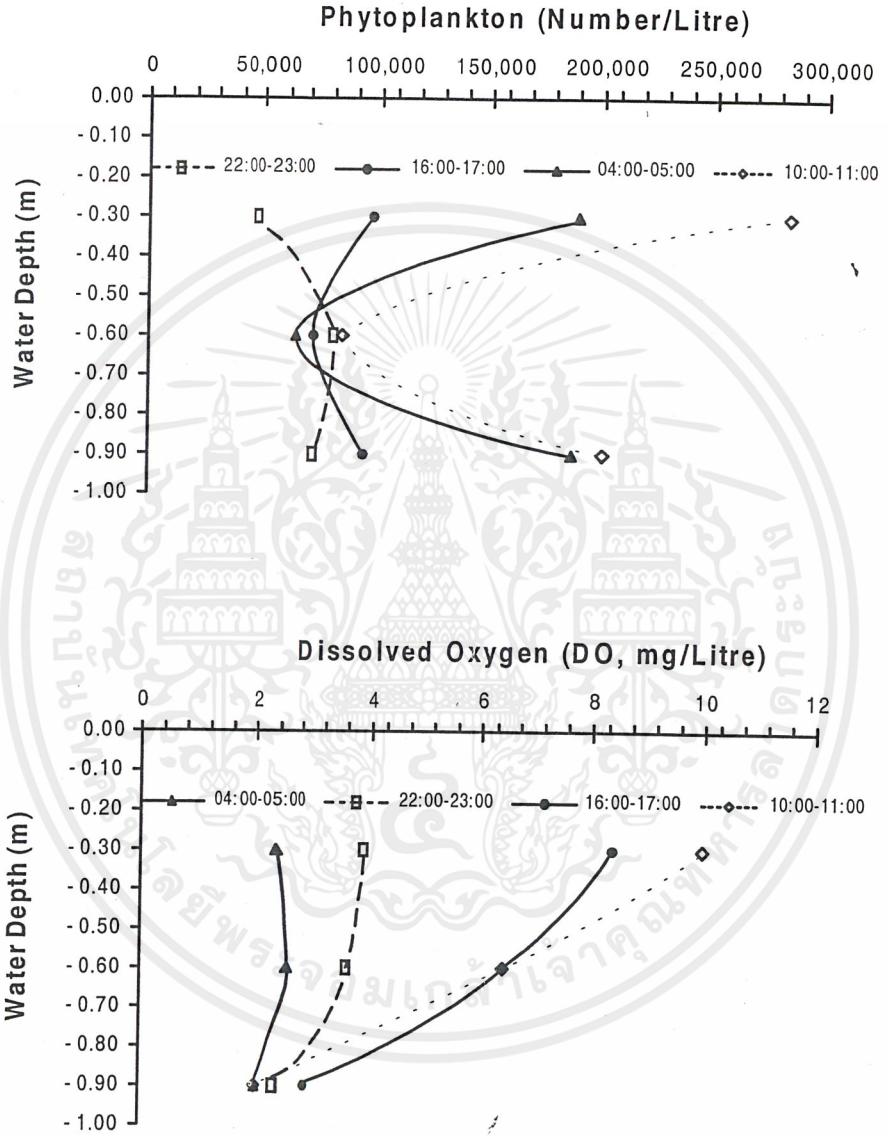
ในระบบนิเวศของธูปฤาษีบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำ องค์ประกอบของระบบนิเวศที่สำคัญคือ คุณสมบัติของดินคุณสมบัติของน้ำ สภาพภูมิอากาศ จุลินทรีย์ในดินและน้ำ และต้นธูปฤาษีเอง ซึ่งองค์ประกอบดังกล่าวนี้ล้วนมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนสมดุลของออกซิเจนในระบบทั้งสิ้น

คุณสมบัติของดินมีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำ จุลินทรีย์ และการเจริญเติบโตของธูปฤาษี ตลอดจนของจุลินทรีย์ดิน คุณสมบัติที่สำคัญของดินคือคุณสมบัติทางฟิสิกส์เคมี (เช่น ความเป็นกรดด่าง องค์ประกอบของอนุภาคต่างๆของดิน และปริมาณธาตุอาหารในดิน เป็นต้น) และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินซึ่งจุลินทรีย์ในดินย่อยสลายเพื่อการเริญเติบโต กิจกรรมต่างๆในดินก่อให้เกิดการใช้ออกซิเจนอันมีผลกระทบต่อสมดุลของออกซิเจนในระบบ

คุณสมบัติของน้ำเกี่ยวข้องโดยรงกับสมดุลของออกซิเจนในระบบ และยังมีสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการเปลี่ยนแปลงของสาพูมิอากาศด้วย ปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์และช่วงความยาวนานในรอบวัน ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิดิน และอุณหภูมิน้ำในรอบวัน ซึ่งมีผลต่อการละลายได้ของออกซิเจนในน้ำและกิจกรรมต่างๆของจุลินทรีย์ในน้ำและดินด้วย กระแสลมที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาย่อมมีผลต่อความขุ่นของน้ำ (turbidity) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นประชากรธูปฤาษี หากในพื้นที่มีประชากรธูปฤาษีหนาแน่น กระแสลมที่ก่อกวนผิวน้ำ (turbulence) ซึ่งก่อให้เกิดการหมุนเวียนของมวลน้ำย่อมมีผลต่อการขุ่นของน้ำน้อย ในทางตรงกันข้าม หากมีประชากรธูปฤาษีน้อย กระเสลมย่อมก่อกวนผิวน้ำและสร้างความขุ่นของน้ำได้ง่าย ซึ่งทำให้แสงส่องผ่านลงในน้ำได้น้อยลง จึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำในระดับผิวดินและการกระจายของ phytoplankton สาหร่าย และจุลินทรีย์ในน้ำระดับความลึกต่างๆ อีกทั้งยังอาจทำให้ความสามารถในการใช้ประโยชน์แสงโดย phytoplankton สาหร่ายและจุลินทรีย์ที่สังเคราะห์แสงได้ (photosynthetic microorganism) ในแต่ละระดับความลึกลดลง ปริมาณออกซิเจนที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ของจุลินทรีย์ในน้ำรวมทั้งสมดุลของออกซิเจนในน้ำจึงอาจเปลี่ยนแปลงได้ในรอบวันตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงในรอบวันของปริมาณ phytoplankton (ตัว/ลิตร) ในน้ำที่ระดับ ความลึกต่างๆ ในพื้นที่ชุ่มน้ำ ณ โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ



รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงในรอบวันของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen, mg/l) ในน้ำที่ระดับ ความลึกต่างๆ ในพื้นที่ชุ่มน้ำ ณ โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนา สิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ

สำหรับธูปฤาษี นอกเหนือจากความหนาแน่นของประชากรแล้ว ระยะการเจริญเติบโตของธูปฤาษียังมีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสมดุลของออกซิเจนในระบบนิเวศด้วย พื้นที่ผิวของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนเหนือดินของธูปฤาษีซึ่งได้แก่ พื้นที่ใบ พื้นที่สำคัญ และพื้นที่ส่วนขยายพันธุ์ (ช่อดอก) เป็นพื้นที่ที่สามารถเกิดการแลกเปลี่ยนอากาศระหว่างบรรยากาศ พืช น้ำ และดินได้ โดยผ่านทางปากใบ (stomata) ช่องว่างของเซลล์ (pore) และช่องว่างระหว่างเซลล์

พื้นที่ผิวของส่วนเหนือดินของธูปฤาษีดังกล่าว ตลอดจนประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของส่วนเหนือดินกับการเปลี่ยนแปลงตามอายุและระยะการเจริญเติบโตของต้นธูปฤาษี ขึ้นอยู่กับแหล่งพันธุ์ อายุกล้าที่ปลูก และความอุดมสมบูรณ์ของดินและคุณสมบัติของน้ำ ขณะเดียวกัน การจัดการปลูกธูปฤาษี เช่นระยะระหว่างต้นและระยะระหว่างแถว ก็อาจจะมีต่อการส่องผ่านของรังสีดวงอาทิตย์ไปสู่ระดับล่างของเรือนพุ่มและผิวน้ำในแต่ละห้วงขณะด้วย ทั้งนี้ เนื่องจากการแข่งขันใช้ทรัพยากรและการบดบังกันของเรือนพุ่มตามระยะการเจริญเติบโตของธูปฤาษี นอกจาฤนี้ คุณสมบัติของเซลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามอายุของพืช เช่น ความต้านทานการแลกเปลี่ยนก๊าซของเซลล์ ขนาดช่องว่างของเซลล์ซึ่งมักขยายขึ้นตามอายุพืชที่เพิ่มขึ้น (Grosse, 1989) ก็อาจมีบทบาทสำคัญต่อการเคลื่อนย้ายออกซิเจนในพืชและการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างพืชกับนิเวศแวดล้อมด้วย

การเจริญเติบโตของรากธูปฤาษีมีบทบาทโดยตรงกับการแลกเปลี่ยนออกซิเจนในระบบนิเวศโดยทั่วไป รากพืชที่เจริญในพื้นที่ชุ่มน้ำอาจปลดปล่อยออกซิเจนออกมาได้ 100-400 mg $O_2 / m^2 h$ (Stephen and Richardson, 1989) หากประชากรธูปฤาษีมีพัฒนาการของรากอย่างสมบูรณ์ โอกาสที่ออกซิเจนจะถูกปลดปล่อยออกสู่บริเวณระบบรากปละสภาพแวดล้อมย่อมมีมาก เนื่องจากพื้นที่ผิวของรากมีมาก ประสิทธิภาพการปลดปล่อยออกซิเจนออกจากราก (Radial Oxygen Loss, ROL) จึงไม่แต่ขึ้นอยู่กับปริมาณพื้นที่ผิวรากในแต่ละระยะเวลาเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของระบบราก (root density) และคุณสมบัติทางกายภาพของเซลล์รากด้วย ดังนั้น แหล่งของออกซิเจนที่ปรากฏในระบบนิเวศของธูปฤาษีจึงอาจมาจาก 3 แหล่งที่สำคัญ คือ

1) จากบรรยากาศ ซึ่งออกซิเจนอาจหมุนเวียนเข้าสู่ระบบนิเวศโดยการแพร่จากบรรยากาศสู่พื้นน้ำแล้วละลายในน้ำ และโดยการแพร่หรือเคลื่อนย้ายจากบรรยากาศสู่ต้นธูปฤาษีผ่านช่องทางและกลไกต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กระบวนการแพร่ (diffusion) และการกระบวนการเทอร์โมออสโมซิส (thermoosmosis) ซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะเชิงสัณฐานวิทยาของพืชมากกว่าเชิงกิจกรรมสรีรวิทยา
2) จากต้นธูปฤาษี ซึ่งออกซิเจนที่ได้อาจมาจากกระบวนการสังเคราะห์แสงและปฏิกิริยาของเอนไซม์ต่างๆ แล้วลำเลียงไปภายในต้นธูปฤาษีโดยกลไกต่างๆ จนถึงระบบราก แล้วปลดปล่อยออกสู่ผิวราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) จากสิ่งมีชีวิตในน้ำ ได้แก่ จุลินทรีย์ สาหร่าย phytoplankton และอื่นๆที่ผลิตออกซิเจนได้โดยเฉพาะอย่างยิ่ง จุลินทรีย์ สาหร่าย และ phytoplankton ที่สามารถ สังเคราะห์แสงได้

การใช้ออกซิเจนที่เกิดขึ้นหรือได้รับเข้าไปในระบบนิเวศของธูปฤาษีในพื้นที่ชุ่มน้ำ และถูกปลดปล่อยหรือสูญเสียออกจากระบบ อาจเนื่องมาจากกระบวนการต่างๆ คือ

1) กระบวนการหายใจ (respiration) ของต้นธูปฤาษี
2) การปลดปล่อยออกซิเจนจากต้นธูปฤาษีสู่บริเวณผิวราก
3) กระบวนการหายใจของจุลินทรีย์ สาหร่าย phytoplankton และสิ่งมีชีวิตอื่นๆในน้ำ
4) การเปลี่ยนออกซิเจนที่ละลายในน้ำเป็นก๊าซออกซิเจน (volatilization)

องค์ประกอบต่างๆในสมดุลของออกซิเจนในระบบนิเวศของธูปฤาษีในพื้นที่ชุ่มน้ำ อาจเขียนได้ดังแสดงข้างล่าง

$$\delta_{water} = \delta_{diff\text{-}water} + \delta_{diff\text{-}stomata} + \delta_{atm\text{-}thermo} + \delta_{photosynthesis} + \delta_{micro/algae/plrytopl} - \delta_{plant\text{-}respiration} - \delta_{rhizosphere} - \delta_{micro/algae/plrytopl} - \delta_{volatilization}$$

δ_{water} = ปริมาณออกซิเจนที่วัดได้ในน้ำ

$\delta_{diff\text{-}water}$ = ปริมาณออกซิเจนที่แพร่กระจายจากบรรยากาศสู่ผิวน้ำ

$\delta_{diff\text{-}stomata}$ = ปริมาณออกซิเจนที่แพร่กระจายจากบรรยากาศสู่ต้นธูปฤาษีผ่านปากใบ

$\delta_{atm\text{-}thermo}$ = ปริมาณออกซิเจนที่จากบรรยากาศเข้าสู่ต้นธูปฤาษีโดย Thermoosmosis

$\delta_{photosynthesis}$ = ปริมาณออกซิเจนที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงของต้นธูปฤาษี

$\delta_{micro/algae/plrytopl}$ = ปริมาณออกซิเจนที่เกิดขึ้นหรือใช้ไปโดยจุลินทรีย์ สาหร่าย phytoplankton และสิ่งมีชีวิตอื่นๆในน้ำ

$\delta_{plant\text{-}respiration}$ = ปริมาณออกซิเจนที่ต้นธูปฤาษีใช้ในกระบวนการหายใจ

$\delta_{rhizospher}$ = ปริมาณออกซิเจนที่ปลดปล่อยออกสู่บริเวณผิวรากของตนธูปฤาษี

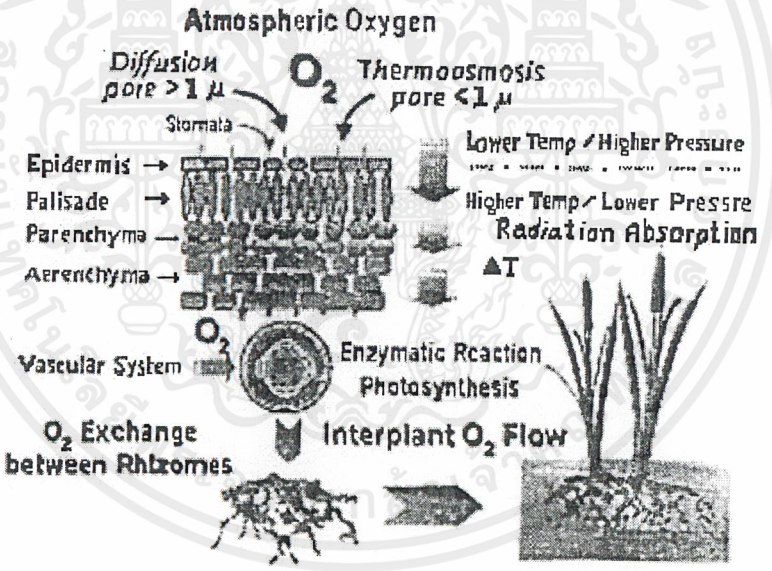
$\delta_{volatilization}$ = ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเปลี่ยนเป็นก๊าซออกซิเจนสู่บรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 กลไกการลำเลียงและปลดปล่อยออกซิเจนของธูปฤาษีในพื้นที่ชุ่มน้ำ

กลไกการลำเลียงและปลดปล่อยออกซิเจนของธูปฤาษีออกสู่ระบบนิเวศในพื้นที่ชุ่มน้ำยังมีการศึกษาอยู่อย่างจำกัด เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องเทคนิคการศึกษาที่เหมาะสม รวมทั้งในเรื่องอุปกรณ์เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ และนักวิชาการที่สนใจศึกษาเรื่องนี้ในธูปฤาษียังมีจำกัดอยู่จำกัด อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่า การปลดปล่อยออกซิเจนออกจากรากของพืชที่เจริญเติบโตในพื้นที่ชุ่มน้ำเช่นในธูปฤาษีนี้ ก่อให้เกิดการเปลี่ยนออกซิเจนที่ระดับผิวราก (rhizosphere) ซึ่งก่อให้เกิด oxidized zone (Armstrong, 1964 Armstrong, 1967 abc; Stephen and Richardson, 1989) จากนั้น ออกซิเจนที่ ปลดปล่อยออกมาจึงแพร่เข้าสู่พื้นน้ำและมีส่วนช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำให้ดีขึ้นอันเนื่องมาจากบริเวณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น (รูปที่ 2.5)

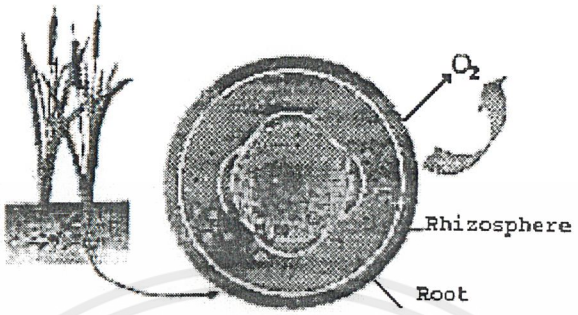
รูปที่ 2.5 การปลดปล่อยออกซิเจนสู่บริเวณรากของต้นธูปฤาษี



จากรายงานต่างๆ (Armstrong, 1967 abc; Denbign and Raumann, 1951; Grosse and Mevi-SchutZ, 1987; Grosse, 1989; Michaud and Richardson, 1989) กล่าวได้ว่ากลไกการลำเลียงและปลดปล่อยออกซิเจนของธูปฤาษีอาจจำแนกเป็น 2 กลไกหลัก (รูปที่ 2.6) คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.6 กลไกการเคลื่อนย้ายและการแลกเปลี่ยนออกซิเจนจากบรรยากาศไปยังบริเวณระบบรากของธูปฤาษี



1) **การแพร่** (Diffusion) คือการเคลื่อนย้ายออกซิเจนจากบริเวณที่มีความเข้มข้นของออกซิเจนสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของออกซิเจนน้อยกว่า ในระบบนิเวศของธูปฤาษีในพื้นที่ชุ่มน้ำ ออกซิเจนที่เคลื่อนย้ายนี้อาจพบได้ในการแพร่ของออกซิเจนจากบรรยากาศสู่พื้นน้ำ และการแพร่กระจายของออกซิเจนเข้าสู่ต้นธูปฤาษีโดยผ่านทางช่องปากใบ (stomata) และ / หรือช่องว่างอื่นๆ ของต้นธูปฤาษีที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 μ

2) **กระบวนการเทอร์โมออสโมซิส** (Thermoosmosis) เป็นกระบวนการเคลื่อนย้ายออกซิเจนอย่างต่อเนื่องผ่านช่องว่างของเซลล์หรือของกลุ่มเซลล์ของธูปฤาษีที่มีขนาดเล็กกว่า 1 μ (Denbign and Raumann, 1951; Grosse and Mevi-SchutZ, 1987; Grosse, 1989) กลไกการเคลื่อนย้ายออกซิเจนซึ่งอาจเรียกว่า Thermodiffusion หรือ Thermal Flow of Molecules นี้ เป็นการเคลื่อนย้ายออกซิเจนผ่านช่องขนาดเล็กอันเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิและความกดอากาศของ 2 ด้านของเซลล์ ทั้งนี้เพื่อการปรับเข้าสู่สมดุลของความกดอากาศโดยปกติ เมื่อแผ่นใบพืชได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิผิวพื้นของแผ่นใบจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากการดูดซับพลังงาน ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิภายในแผ่นความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่าง 2 ด้านทำให้เกิดความแตกต่างของความกดอากาศระหว่าง 2 ด้าน หากผนังที่กั้นระหว่าง 2 ด้านนี้มีช่องขนาดเล็ก(porous partition) อากาศจะเคลื่อนย้ายจากด้านที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า (ความกดอากาศสูงกว่า) ไปยังด้านที่มีอุณหภูมิสูงกว่า (ความกดอากาศต่ำกว่า) ด้วยเหตุที่โมเลกุลของอากาศจะพยายามรักษาระดับสมดุลของพลังงาน จึงก่อให้เกิดการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของอากาศไปยังเซลล์ที่อยู่ด้านล่างถัดลงไป ทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศอย่างต่อเนื่องไปจนถึงระบบราก อากาศที่เคลื่อนย้ายลงไปบริเวณรากอาจเคลื่อนย้ายแรกเปลี่ยนไปยัง rhizome ของต้นธูปฤาษีที่อยู่ข้างเคียงได้เนื่องจากความต่อเนื่องของระบบเซลล์และท่อลำเลียงที่พัฒนามาจาก rhizome ของต้นแม่ต้นเดียวกัน (Grosse, 1989) อัตราการลำเลียงออกซิเจนอาจแตกต่างกันในแต่ละห้วงขณะ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุของพืชและระดับความแตกต่างของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิทั้ง 2 ด้าน หากระดับความแตกต่างของอุณหภูมิผิวพื้นมีมาก อัตราการเคลื่อนย้ายออกซิเจนก็มีมากขึ้นด้วย (Grosse, 1989)

2.2 โลหะหนักที่ใช้ในการศึกษา

2.2.1 โครเมียม

โครเมียม (Cr) เป็นธาตุที่มีเลขอะตอมเท่ากับ 24 เกิดตามธรรมชาติในรูปของโครไมต์หรือสินแร่ Chrome iron ($FeOCr_2O_3$) มีอยู่ประมาณ 0.037 % ของเปลือกโลก ทั่วทั้งโลกจะมีความเข้มข้นของโครเมียมในดินอยู่ในช่วงตั้งแต่ปริมาณน้อยมากๆ จนถึง 2.4 % ขณะที่ความเข้มข้นในบรรยากาศจะมีอยู่ในช่วง 0.001 – 0.007 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เลขออกซิเดชันของโครเมียมมีตั้งแต่ –2 ถึง +6 (Hamilton และ Wetterhahn, 1988)

- โครเมียม (-2 ถึง 0) พบมากในคาร์บอนิลและสารประกอบโลหะอินทรีย์
- Hexacarbonylchromium ($Cr(CO)_6$) มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาวคงตัวในอากาศและไม่ละลายน้ำ
- โครเมียม (+2) เป็นตัวรีดิวซ์ที่แรงและถูกออกซิไดซ์เป็นโครเมียม (+3) โดยอากาศ
- โครเมียม (+3) เป็นเวเลนซีที่เสถียรเป็นรูปที่พบมากในธรรมชาติ เมื่อละลายน้ำจะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนโดยมีโมเลกุลของน้ำเป็นลิแกนด์ในสภาวะกรด $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$ และในสภาวะด่าง $[Cr(OH)(H_2O)_5]^{2+}$
- โครเมียม (+6) พบมากในธรรมชาติพอๆกับ (+3) แต่พบในรูปของสารประกอบที่มีออกซิเจน ตัวอย่างเช่น
  - โครเมียม (+6) ออกไซด์ (กรดโครมิก : CrO_3)
  - โครเมียมคลอไรด์ (CrO_2Cl_2)
  - คลอโรโครเมต (CrO_3Cl)
  - โครเมต (CrO_4^{2-})
  - ไดโครเมต ($Cr_2O_7^{2-}$)

เมื่อไดโครเมตละลายน้ำ จะได้โครเมต ดังสมการ

$$Cr_2O_7^{2-} + H_2O \longleftrightarrow 2CrO_4^{2-} + 2H^+$$

โครเมียม (+6) เป็นตัวออกซิไดส์ที่แรงมาก ภายใต้สภาวะกรด (พีเอช 0)

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longleftrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

ในอุตสาหกรรมหลายประเภท ได้มีการนำโครเมียมมาใช้อย่างกว้างขวาง เป็นเวลากว่า 10 ปี เช่น ในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก รงควัตถุ สีทา สีย้อม สารยืดอายุไม้ สารป้องกันการกัดกร่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของโลหะ การชุบโครเมียมและการฟอกหนัง เป็นต้น(Papp, 1985) นอกจากนี้ยังมีการเติมสารประกอบโครเมียมลงในน้ำหล่อลื่นเย็น เพื่อป้องกันการกัดกร่อน อุตสาหกรรมการชุบเพลทโลหะและการประดิษฐ์ส่วนประกอบรถยนต์ เป็นอุตสาหกรรมที่มีการนำโลหะมาชุบโครเมียมมากที่สุดและมีความเป็นไปได้ ว่าในระยะยาวจะมีการสะสมและกระจายตัวของโครเมียมในระบบนิเวศเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณการปล่อยโครเมียมจากแหล่งกำเนิดต่างๆ (กรมทรัพยากรธรณี, 2535)

แหล่งกำเนิด	ปริมาณโครเมียม(ตัน)	ปริมาณโครเมียม(%)
Asbestos mining	8	0.07
Kraft pulp mill recovery furnace	Neg	Neg
Sulfite pulp mill	Neg	Neg
Primary chromium production	4,200	34.98
Asbestos product	Neg	Neg
Refractory brick production	7	0.06
Installation of asbestos material	Neg	Neg
Spray-on fire proffing	Neg	Neg
Use of insulating cement	Neg	Neg
Power plant boilers		
Pulverized coal	5,571	46.40
Stoker coal	640	5.33
Cyclone coal	192	1.60
All oil	22	0.18
Industrial boilers		
Pulverized coal	247	2.06
Stoker cola	864	7.20
Cyclone coal	123	1.02
All oil	17	0.14
Residential/commercial boilers		
Coal	77	0.64
Oil	38	0.32
Total	12,006	

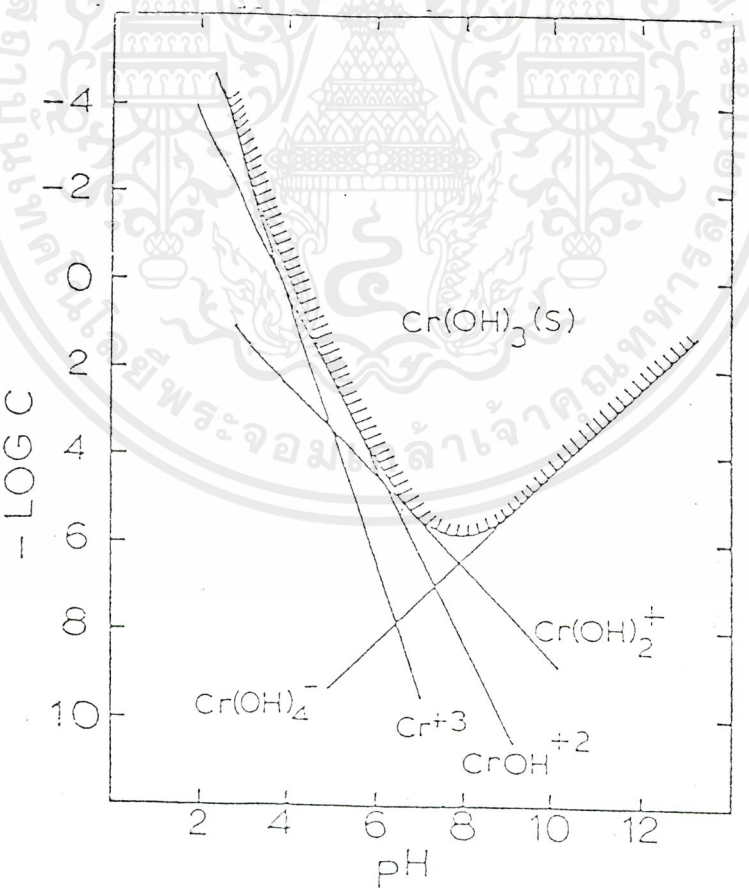
หมายเหตุ : Neg = ไม่มีข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธาตุโครเมียม (Cr) จะไม่พบในสถานะอิสระในธรรมชาติ แร่โลหะที่พบบ่อย คือโครไมต์ ($FeOCr_2O_3$) ซึ่งใช้ในการผลิตโซเดียมไดโครเมต เป็นสารเคมีขั้นปฐมภูมิของสารประกอบโครเมียมตัวอื่นๆ ในอุตสาหกรรม เช่น การฟอกหนัง การผลิตสารเคมี อุตสาหกรรมสิ่งทอ สารกัดกร่อนโลหะ เป็นต้น โรงงานต่างๆจะปล่อยน้ำทิ้งที่มีโครเมียมเจือปนมาอยู่ในรูปโครเมียม (+6) ซึ่งในสภาวะธรรมชาติ โครเมียม (+3)จะเสถียรกว่าโครเมียม (+6) ในสภาวะเป็นกรด และโครเมียม (+6) จะเสถียรขึ้นที่พีเอชมากกว่า 12

ความสามารถในการออกซิไดซ์ของ Cr^{3+} ไปเป็น Cr^{6+} ขึ้นอยู่กับค่าพีเอช และอัตราส่วนที่มีอยู่แต่ละชนิด Cr^{3+} ตามธรรมดาแล้วจะตกตะกอนภายใต้สภาวะธรรมชาติ หรือสภาพเบสเล็กน้อย และละลายได้เล็กน้อย คือ ประมาณ 0.1 mg/L. ที่พีเอช 8.5 โดยประมาณ การละลายของโครเมียมไฮดรอกไซด์นี้จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่าพีเอช การเพิ่มขึ้นของค่าการละลายจะเพิ่มค่าพีเอช เนื่องจากสูตรของ $Cr(OH)_4^-$ และชนิดของ Hydrolysis อื่น

การเคลื่อนย้ายระหว่าง Cr^{3+} และ Cr^{6+} เป็นระบบ Oxidation และ Reduction



รูปที่ 2.7 การละลายของ $Cr(OH)_3$ กับ ค่าพีเอช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของ Cr^{6+} ปฏิกิริยารีดักชั่นสามารถถูกแสดงออกมาในสารละลายกรดได้ (pH 2 – 3)

$$Cr_2O_7^{2-} + 14\,H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2$$

ในการมีอยู่ของ Fe^{2+} จะพบ Cr^{6+} ถูกรีดิวส์ที่ pH 6.5 – 8.5

$$3Fe^{2+} + CrO_4^{2-} + 7H_2 \longrightarrow 3Fe(OH)_3 + Cr(OH)_2^+ + 3H^+$$

จึงชี้ให้เห็นว่า การลดลงของCr^{6+}อาจเกิดขึ้น ถึงแม้ว่าจะเกิดปฏิกิริยากับซัลไฟด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ถูกผลิตโดยการเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ โดยแบคทีเรียซัลเฟตรีดักชั่น หรือโดยการปล่อยของเสียอุตสาหกรรมที่แน่นอน การผลิต Cr^{3+} โดยปฏิกิริยานี้ น่าจะเป็นไปได้ที่จะถูกดูดซึมโดยตะกอนและถูกกำจัดออกจากสารละลาย

ปฏิกิริยา Oxidation ของ Cr^{3+} ที่ พีเอช 6.5 – 8.5

$$2\,Cr(OH)_2^+ + 1.5\,O_2 + H_2 \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 6H^+$$

อย่างไรก็ตามโครเมียม อาจจะเกี่ยวข้องในปฏิกิริยาอื่นๆ เช่น การดูดซับอนุภาค เป็นต้น

มีการศึกษาทดลองปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยใช้ของเสียที่มีโครเมียมถึง 320 ppm ก็ไม่พบว่าพืชแสดงอาการเป็นพิษแต่อย่างใด(Mortvedt and Giodano,1975) แต่ถ้าใช้สารเคมี เช่น โซเดียมไดโครเมต($Na_2Cr_2O_7$) จะมีระดับเป็นพิษสูง โครเมียมวาเลนซ์สาม เช่น โครเมียมซัลเฟต($Cr(SO_4)_3$) จะเป็นพิษต่อข้าวโพดต่ำกว่า(James and Bartlett, 1983)

2.2.2 บุคคลที่ได้รับอันตรายจากโครเมียม

ผู้ที่ทำงานเกี่ยวกับการชุบโครเมียมและการขัดเงาโลหะที่ชุบโครเมียม, สีที่มีส่วนประกอบของโครเมียม, โรงงานฟอกหนังซึ่งมีการใช้สารประกอบของโครเมียม, การล้างอัดรูปซึ่งมีการใช้สารประกอบโครเมียม และประชาชนที่อยู่ใกล้โรงงานดังกล่าวจะได้รับผลกระทบ เนื่องจากน้ำทิ้งจากโรงงานเหล่านี้จะมีส่วนผสมของโครเมียม ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำ และถ้าประชาชนใช้น้ำจากแหล่งน้ำเหล่านั้นก็จะเป็นอันตรายต่อร่างกายได้

2.2.3 อันตรายที่อาจเกิดจากโครเมียม

โครเมียมที่มีอยู่สถานะทั่วไปในธรรมชาติ คือ โครเมียม(+3) และ โครเมียม (+6) กรณีของโครเมียม (+6) จะมีความเป็นพิษมากกว่า โครเมียม (+3) ประมาณ 100 เท่า โลหะโครเมียมบริสุทธิ์จะไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ เกลือที่ละลายน้ำของโครเมียม (+3) ทั้งออกไซด์และฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำจะไม่เป็นพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แผลจากโครเมียมเกิดจากการสะสมของฝุ่นละอองของโครเมียม ซึ่งโดยมากจะเริ่มเป็นรอยถลอกที่ผิวหนังและจะพบมากที่สุดที่โคนเล็บมือตามข้อที่นิ้วมือหรือหลังเท้า มีลักษณะเป็นแผลวงกลม ขอบค่อนข้างเรียบ บุ๋มลึกลงไป ปกติมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตรหรือเล็กกว่า ซึ่งจะมองดูคล้ายถูกเจาะด้วยตะปู ถึงแม้ว่าแผลนี้จะไม่เจ็บปวดแต่จะคันมากในเวลากลางคืน ต่อไปแผลอาจเกิดการติดเชื้อขึ้น และอาจทำให้ลุกลามไปถึงข้อต่อใกล้เคียง ซึ่งอาจทำให้ต้องตัดนิ้วทิ้ง ฝุ่นของเกลือโครเมียมหรือควันของกรดโครมิกอาจตกลงบนหนังตาหรือที่ปลายจมูกซึ่งอาจจะเกิดแผลขึ้นได้เช่นเดียวกัน

2. ผิวหนังอักเสบ บริเวณที่อาจเกิดการอักเสบ ได้แก่ มือ แขน ขา ใบหน้า และหน้าอก อาจเกิดเมื่อมีคนงานมาทำงานแล้วประมาณ 6 เดือน ในรายที่รุนแรงใบหน้าจะมีสีแดงเข้มและบวม ส่วนที่อักเสบ จะคันมากและอาจเจ็บแสบด้วย

3. ผนังกั้นในจมูกถูกเจาะทะลุ คนที่ทำงานเกี่ยวกับโครเมียมจะได้รับควันกรดโครมิกหรือฝุ่นละอองเป็นประจำจะทำให้ผนังกั้นในรูจมูกถูกทำลายจนเป็นรูทะลุ ซึ่งการทะลุนี้คนงานจะไม่รู้สึกเจ็บปวดแต่อย่างใด จะรู้สึกตัวก็ต่อเมื่อมีเสียงอู้อี้ หรือดั้งจมูกแบนลง

4.มะเร็งปอด อาจเกิดกับคนงานที่สูดเอาโครเมียมเข้าสู่ร่างกายอยู่เป็นประจำ และเป็นเวลานาน ซึ่งอาจเป็นอันตรายอย่างมากแก่ชีวิต

2.2.4 การกำจัดโครเมียมออกจากน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำบ่อ

การกำจัดโครเมียมออกจากน้ำโดยวิธีทางเคมีและทางฟิสิกส์ มีหลายเทคนิคที่นำมาประยุกต์เพื่อใช้กำจัดโครเมียมออกจากน้ำดังนี้ (กิ่งฟ้า, 2535)

1. การรีดักชั่น

วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด ซึ่งเทคนิคการบำบัดโดยวิธีนี้คือ จะต้องปรับพีเอชของน้ำเสียให้เป็น 3.0 หรือต่ำกว่าด้วยกรดซัลฟิวริก แล้วเปลี่ยนโครเมียม (+6) ไปเป็นโครเมียม (+3) โดยใช้สารเคมี (Reducing Agent)ยกตัวอย่างเช่นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โซเดียมไบซัลไฟต์ หรือ เฟอรัสซัลเฟต แล้วกำจัดโครเมียม (+3) ออกไป โดยทำให้ตกตะกอนด้วยปูนขาว การรีดิวส์โครเมียม(+6) นี้จะไม่ได้ผล 100% โดยจำนวนของโครเมียม (+6) ที่ไม่ถูกรีดิวส์จะขึ้นกับเวลาที่ทำปฏิกิริยา , พีเอช ของของผสม , ความเข้มข้นและชนิดของสารเคมีที่ใช้ ปกติสารที่นิยมใช้มากที่สุดคือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

2. การแลกเปลี่ยนประจุ

การใช้การแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange) ในการกำจัดโครเมียม (+3) และจะใช้การแลกเปลี่ยนประจุลบ (Anion Exchange) ในการกำจัดโครเมียม (+6) เพราะน้ำเสียใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อุตสาหกรรมมักจะพบโครเมียม (+6) ในรูปของโครเมต เมื่อเรซินที่แลกเปลี่ยนประจุลบอิ่มตัวก็จะทำการรีเจนเนอเรท (ปกติใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์) เพื่อชะเอาโครเมตออกมา โซเดียมโครเมตอาจนำไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ เพื่อนำกรดโครมิกกลับมาใช้ใหม่ หรือไม่ก็นำไปกำจัดโดยรีดิวส์ให้เป็นโครเมียม (+3) แล้วตกตะกอนด้วยปูนขาว วิธีบำบัดวิธีนี้ทำให้สามารถนำน้ำกลับมาใช้ได้ใหม่ ซึ่งเป็นการลดต้นทุนทางเศรษฐกิจ

3. การระเหย

นำน้ำที่มีโครเมียมปนเปื้อนมาผ่านกระบวนการระเหยเอาน้ำออก จากนั้นนำเอาไอน้ำไปผ่านการหล่อเย็น เพื่อนำไปใช้ได้อีก วิธีนี้นิยมใช้กับการบำบัดน้ำหล่อเย็น

4. การตกตะกอนด้วยสารเคมี

ตกตะกอนโครเมียม (+3) โดยใช้สารเคมีเช่น แบเรียมคาร์บอเนต ปูนขาว และโซดาไฟ ตะกอนที่ได้นำไปกำจัดโดยวิธีฝังกลบ

5. การสกัดด้วยตัวทำละลาย

นำสารกัดแม่พิมพ์ที่ใช้แล้ว (มีโครมิกเป็นองค์ประกอบ) มาทำการสกัดด้วยตัวทำละลาย เพื่อแยกเอากรดโครมิกออกจากสารอื่นและสามารถนำกลับมาใช้ได้อีก ตัวทำละลายที่ใช้ได้แก่ อะซีโตน

6. รีเวิร์สออสโมซิส

นำน้ำเสียที่มีโครเมียม (+6) มาผ่านกระบวนการทำให้เข้มข้นขึ้นก่อน แล้วจึงนำไปผ่านกระบวนการรีเวิร์สออสโมซิส ทำให้ได้น้ำอ่อนที่มีไอออนของไดโครเมตซึ่งสามารถนำไปหมุนเวียนใช้ใหม่ได้

2.3 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ

การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติแบ่งประเภทได้ดังนี้

2.3.1 ระบบกระจายบนดิน (Land Treatment Systems)

- เป็นการกระจายน้ำบนดินบนพื้นต่างๆ อาทิเช่น พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่รกร้างว่างเปล่า
- ธาตุอาหารในน้ำจะเป็นประโยชน์กับพืชที่ปลูกบริเวณนั้น แต่ถ้าน้ำเสียมีสารพิษปะปนมาก็จะเกิดผลเสียกับระบบนิเวศอย่างมาก

(1) ระบบอัตราการไหลช้า (Slow-Rate System)

กลไกการบำบัดเป็นการปล่อยน้ำเสียให้ไหลซึมลงดิน และปล่อยให้เกิดการคายน้ำของพืช ตัวอย่างของพืชที่ปลูกในพื้นที่นี้ได้แก่ ข้าวโพด อ้อย ผักต่างๆต้นไม้ทั่วไป อาจมีการบำบัดขั้นต้นบ้าง เช่น ตะแกรงกรองก่อนปล่อยน้ำลงสู่พื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
43901

(2) ระบบไหลซึมเร็ว (Rapid Infiltration System)

เป็นระบบที่ปล่อยให้น้ำเสียที่ผ่านการตกตะกอนขั้นต้นแล้วมาลงบ่อหรือร่องรับน้ำเสียจะมีการปลูกพืชหรือไม่ก็ได้ กลไกการบำบัดน้ำคือให้มีการระเหยและไหลซึมลงดิน มีการปล่อยน้ำเสียในอัตราสูงกว่าระบบอัตราการไหลช้า และมีการวางท่อรับน้ำใต้ชั้นดินเพื่อรับน้ำที่ไหลซึมผ่านจากชั้นดินแล้วให้ออกจากพื้นที่

(3) ระบบไหลนอง (Overland Flow System)

วิธีการคือปล่อยน้ำเสียให้ไหลจากท่อเจาะรู หรือ Sprinkler ซึ่งอยู่ด้านบนของพื้นที่ ไหลผ่านพืชต่างๆลงมาถึงรางรองรับน้ำ ซึ่งอยู่ด้านล่างของพื้นที่เพื่อระบายทิ้ง จะใช้กับพื้นที่ๆมีความลาดชันมาก

2.3.2 ระบบบึงน้ำตื้น (Wetland)

เป็นบึงที่มีความลึกน้อยกว่า 0.6 เมตร พืชเจริญเติบโตอยู่ในบึงนี้เป็นพืชชนิดที่มีรากอยู่ในดิน ลำต้นและใบอยู่ในน้ำและในอากาศ ต้นและใบทำหน้าที่เป็น

- ตัวกลางให้แบคทีเรียเกาะอยู่
- เป็นตัวกรองและตัวดูดซับสารต่างๆในน้ำ
- ช่วยถ่ายเทออกซิเจนลงน้ำ
- ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่ายในน้ำ โดยทำหน้าที่บังแสงแดดส่องลงน้ำ

บึงน้ำตื้นมี 2 ประเภทคือ บึงธรรมชาติ(Natural Wetland) และบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland) ซึ่งบึงธรรมชาติจะไม่ได้นำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

บึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland) มี 2 ประเภท ได้แก่ แบบน้ำอยู่เหนือผิวดินและน้ำไหลใต้ผิวดิน

(1) แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน (Free Water Surface System)

น้ำในบ่อนี้จะมีความลึก 10-60 ซม. มีพืชต่างๆขึ้นอยู่มากมาย อาจมีปลาหรือสัตว์น้ำอื่นๆอาศัย พืชที่นิยมใช้ปลูก ได้แก่ ต้นกก และต้นธูปฤาษี ระบบนี้น้ำจะไหลซึมลงดินได้น้อย การเติมอากาศลงน้ำจะมาจากพืช จากลมพัด และจากการสังเคราะห์แสง ซึ่ง DOในน้ำจะมีอย่างน้อย 1 มก./ล.

(2) แบบน้ำอยู่ใต้ผิวดิน (Subsurface Flow System)

เป็นบ่อดินลึกประมาณ 30-80 ซม. ด้านล่างปูด้วยแผ่นพลาสติกเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำซึมลงใต้ดิน ก้นบ่อมีความลาดชันเพื่อให้น้ำไหลได้ ส่วนที่น้ำเข้าและท่อน้ำออก จะเป็นท่อเจาะรูด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 กลไกการบำบัดน้ำเสียของบึงประดิษฐ์

บึงประดิษฐ์ สามารถกำจัดปริมาณของสารอินทรีย์(BOD) , สารอาหาร, โลหะหนัก, และเชื้อโรคจากน้ำเสียชนิดต่างๆ มากมาย กลไกการบำบัดประกอบด้วย การตกตะกอน การทำงานของจุลินทรีย์ การดูดซับ การย่อยสลายทางเคมี และการดูดซับของดิน

1.) การกำจัดค่าบีโอดี

บีโอดีเป็นเครื่องวัดการใช้ออกซิเจนเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบการบำบัดน้ำ ค่าบีโอดีที่สูงในน้ำเสีย เป็นผลในการทำให้ออกซิเจนที่ละลายของน้ำที่รับไว้หมดลง ระบบบึงประดิษฐ์จะกำจัดสารอินทรีย์ที่ตกตะกอนได้

2.) การกำจัดไนโตรเจนในระบบบึงประดิษฐ์

โดยจำนวนของกลไกมี ดังนี้ คือ การรับเข้าไปของต้นธูปฤาษี การระเหยของแอมโมเนีย การดูดซึมแอมโมเนีย ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น และดีไนตริฟิเคชั่น มีบทบาทสำคัญในการกำจัดไนโตรเจน แบคทีเรียจะเปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนให้เป็นสารประกอบอนินทรีย์

การเปลี่ยนแอมโมเนียมไอออนให้เป็นไนเตรต ของแบคทีเรีย ต้องการสิ่งแวดล้อมแบบใช้ออกซิเจนซึ่งมีอยู่ในผิวหน้าน้ำ ในการส่งผ่านก๊าซของพืช ปริมาณของไนเตรตซึ่งเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอากาศสู่ดิน มีการขจัดไนโตรเจนออกจากดิน ในอีกทางหนึ่งไนโตรเจนในระบบบึงประดิษฐ์อาจจะสูญเสียไปในรูปแอมโมเนีย โดยการระเหยจากน้ำผิวดิน ที่อุณหภูมิสูงขึ้นและสภาพพีเอชที่สูง

3.) การ กำจัดฟอสฟอรัส

การกำจัดฟอสฟอรัสจากระบบบึงประดิษฐ์มีไม่ต่อเนื่องและมีเล็กน้อยที่จะเข้าใจเกี่ยวกับกลไกที่กำจัด อันดับแรกคือ การเร่งให้ตกตะกอน และการดูดซับถึงตะกอน การกำจัดขั้นสุดท้ายของ ฟอสฟอรัส ประสบความสำเร็จโดยการเก็บเกี่ยวของพืช การขุดตะกอนหรือการละลายใหม่ของฟอสฟอรัสที่เก็บไว้ในตะกอน และปล่อยน้ำที่ได้เมื่อมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด กลไกที่สำคัญในการกำจัดฟอสฟอรัส คือ การดูดซับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.) โลหะ

จะถูกกำจัดจากน้ำเสียโดยการนำไปใช้ของพืช การตกตะกอนทางเคมี ion exchange ,การดูดซับเป็นดินเหนียวที่ตกตะกอน และสารประกอบอนินทรีย์ อย่างไรก็ตามเป็นไปได้ที่ประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์ในการกำจัดโลหะโดยการรับไปใช้ของพืชและการเก็บเกี่ยวจะยังน้อยและการกำจัดขั้นสุดท้ายของโลหะจากระบบจะมีความเป็นไปได้ว่าสามารถกำจัดโลหะโดยการตกตะกอนได้

5.) การเคลื่อนตัวของโลหะหนักสู่รากพืช

กระบวนการเคลื่อนที่ของไอออนโลหะหนักไปสู่ผิวของรากพืช และกลไกการรับเข้าไป ของต้นพืชเป็นเพียงการคาดคะเนและไม่สามารถอธิบายให้เข้าใจกระบวนการได้อย่างสมบูรณ์ การเคลื่อนที่ของโลหะไปสู่รากพืช การดักจับ และการแพร่กระจาย การไหลซึม และการสัมผัสของรากพืช โลหะที่ไม่ละลายอาจทำให้เกิดการรับเข้าไปใช้ของต้นพืชโดยการแลกเปลี่ยนแบบผิวสัมผัส

การเคลื่อนที่ของน้ำสู่รากพืชเพื่อการดูดซึมอาหารและการหายใจจะเกิดการละลายของโลหะไอออนในลักษณะนี้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับ ความเข้มข้นของไอออนโลหะในสารละลายดิน จำนวนน้ำที่จำเป็นในการเมตะบอลิซึมและการระเหย จะทำให้เย็นลงโดยการเคลื่อนที่ผ่านการระเหย การตอบสนองของพืชต่อไอออนโลหะ ปัจจัยที่สำคัญสำหรับความเข้มข้นของไอออนโลหะในสารละลายดินและการเคลื่อนที่ของรากพืช คือ ค่าพีเอชของดิน , chelating agent และอัตราการคายน้ำ

การสะสมของโลหะทั้งหมดขึ้นอยู่กับ ธรรมชาติของพืช ปัจจัยของดิน และสิ่งแวดล้อม และการแปรปรวนในการจัดการ อีกทั้งธรรมชาติของพืชประกอบด้วย ชนิด, อัตราการเจริญเติบโต ,ขนาดและความลึกของราก อัตราการคายน้ำและความต้องการสารอาหาร พืชบางชนิดอาจมีการสะสมโลหะที่เฉพาะในระดับสูง เช่น Se และ Co ในทางกลับกัน โลหะบางชนิดส่วนใหญ่จะถูกเลือกโดยพืช พืชแต่ละชนิดจะมีการสะสมตัวและความต้องการโลหะที่แตกต่างกัน

การสะสมของโลหะหนักในพืชที่ปราศจากผลของสารพิษแน่นอน เป็นเพราะมีสารประกอบ chelating สารประกอบอาจผลิตสารบางชนิดเพื่อการรวมตัวของพืชไปกับไอออนโลหะหนักไปอยู่ในรูปสารเชิงซ้อนที่มีอันตรายลดลง โลหะหนักในต้นธูปฤาษีจะสะสมตัวในเนื้อเยื่อลำต้นพืชที่อยู่เหนือดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากโลหะไม่มีการถ่ายเทสารอาหารจากเนื้อเยื่อที่อยู่เหนือพื้นดินไปสู่ไรโซม มวลชีวภาพของต้นพืชเหนือพื้นดินจะมีปริมาณโลหะหนักที่สมบูรณ์ คือ จะมีน้ำหนักเพิ่มเพียงมวลแห้งที่อยู่เหนือดินเท่านั้น

2.3.3 การบำบัดโดยใช้บ่อพืชลอยน้ำ (Floating Aquatic Treatment System)

วิธีการนี้ใช้กับบึงประดิษฐ์แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน แต่ต่างกันตรงที่ใช้พืชลอยน้ำหรือพืชที่ไม่หยั่งรากลงดิน เช่น ผักตบชวาและแหน

2.4 คุณสมบัติทางกายภาพของทราย

คุณสมบัติทางกายภาพของทรายสามารถสังเกตได้จากภายนอก และพฤติกรรมบางประการที่ดินแสดงออก จะเกี่ยวพันกับการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งเป็นผู้ผลิตที่สำคัญเช่นกัน สมบัติทางกายภาพของทรายที่สำคัญได้แก่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1 – 1 มิลลิเมตร อนุภาคของกลุ่มดินต่างๆ จะมีคุณลักษณะที่แตกต่างกัน หากดินมีกลุ่มขนาดอนุภาคของทรายอยู่เป็นจำนวนมาก ก็จะทำให้ดินร่วนซุย ไม่เกาะกันเป็นก้อน น้ำซึมผ่านได้ง่าย ทรายจะมีความพรุนของดินเท่ากับ 30 – 40 % และมีความสามารถในการซึมได้ 3.4 – 3,400 ลิตร/ตารางเมตร/วัน ซึ่งความพรุนของดินมีความสำคัญต่อคุณภาพของน้ำและปริมาณของน้ำในดินเป็นอย่างมาก เพราะความพรุนของดินจะกำหนดปริมาณน้ำที่เก็บอยู่ในดินนั้น และความสามารถในการซึมผ่านของน้ำในดิน จะบ่งบอกอัตราที่น้ำเคลื่อนที่ผ่านชั้นดินไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แหล่งของน้ำที่ใช้ในการปลูกต้นธูปฤาษี

แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1. น้ำบ่อ เก็บจากบ่อข้างโรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์ สจล.
2. น้ำเสียชุมชน เก็บจากรางระบายน้ำเสียของโรงอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ถังพลาสติกความจุ 50 ลิตร จำนวน 38 ใบ
2. ชุดย่อยสลายเจลดาห์ล
3. ชุดกลั่น เจลดาห์ล ยี่ห้อ Buchi รุ่น B - 232
4. ขวดบีโอดี พร้อมจุกแก้วปิดสนิท
5. เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปคโตรมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrometer) ยี่ห้อ Shimudzu รุ่น AA - 680
6. ชุดย่อยสลาย (High Performance microwave digestion unit) ยี่ห้อ Milestone
7. ชุดกรองสูญญากาศ
8. เครื่องวัดออกซิเจนละลายในน้ำ ยี่ห้อ YSI
9. เครื่องวัดพีเอช ยี่ห้อ Metromh รุ่น 713
10. เตาแผ่นความร้อน

3.3 สารเคมี

1. สารโพแทสเซียมไดโครเมต
2. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ พีเอช 7.2
3. สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต
4. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์
5. สารละลายไอร์ออน (III) คลอไรด์
6. สารละลายกลูโคสและกรดกลูตามิก
7. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน อินดิเคเตอร์
9. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 M

3.4 การดำเนินการทดลอง

3.4.1 การเตรียมดินและพืช

1. บรรจุทราย (ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปคโตรมิเตอร์ มีค่าไอออนโครเมียมน้อยกว่า 0.02 พีพีเอ็ม) ลงในถังปริมาตร 60 ลิตร ให้มีความสูง 15 เซนติเมตร จากก้นถัง
2. คัดเลือกต้นอ่อนของต้นธูปฤาษี (ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปคโตรมิเตอร์ มีค่าไอออนโครเมียมน้อยกว่า 0.02 พีพีเอ็ม) ที่มีความสูงประมาณ 30 เซนติเมตร จำนวน 7 ต้น ปลูกลงในถังแต่ละใบ แสดงดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 แสดงการเตรียมดินและพืช

3.4.2 การเตรียมชุดการทดลอง

ในการปลูกต้นธูปฤาษีจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด โดยชุดการทดลอง ก. ใช้น้ำบ่อ (คุณภาพน้ำใกล้เคียงกับสภาพธรรมชาติที่ต้นธูปฤาษีขึ้นอยู่ทั่ว ๆไป) และชุดการทดลอง ข . ใช้น้ำเสียชุมชน ปริมาณ 30 ลิตร เติมลงในถังที่ปลูกต้นธูปฤาษีเตรียมไว้ ค่อย ๆ เติมสารละลายสต็อคโครเมียมความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ลงในน้ำทีละน้อย จนมีความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 1 , 5 , 10 , 20 , 50 มิลลิกรัมต่อลิตรในถัง 2ก. , 3ก. , 4ก. , 5ก. , 6ก. ของชุดการทดลอง ก และ ถัง 2ข. , 3ข. , 4ข. , 5ข. , 6ข. ของชุดการทดลอง ข. ตามลำดับ โดยให้ถัง 1ก. และ 1ข. เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดควบคุมไม่มีการเติมโครเมียมไอออน ทำการทดลองซ้ำ 3 ถังในแต่ละความเข้มข้นของโครเมียมไอออน ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตาราง ที่ 3.1 แสดงความเข้มข้นของไอออนโครเมียมในแต่ละถังการทดลอง

ชุดการทดลอง	ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมในน้ำ (mg / L)
ชุดการทดลอง ก. น้ำบ่อ	
ถัง 1ก.	ชุดควบคุมไม่มีการเติมไอออนโครเมียม
ถัง 2ก.	1
ถัง 3ก.	5
ถัง 4ก.	10
ถัง 5ก.	20
ถัง 6ก.	50
ชุดการทดลอง ข. น้ำเสียชุมชน	
ถัง 1ข.	ชุดควบคุมไม่มีการเติมไอออนโครเมียม
ถัง 2ข.	1
ถัง 3ข.	5
ถัง 4ข.	10
ถัง 5ข.	20
ถัง 6ข.	50

หลังจากปลูกต้นธูปฤาษีแล้ว ต้นธูปฤาษีจะใช้เวลาปรับตัวให้ทนต่อสภาพน้ำเสียประมาณ 1 สัปดาห์ จากนั้นนำชุดการทดลองทั้งหมดไปตั้งทิ้งไว้บริเวณชายคาที่มีแสงสว่างเล็กน้อย ดูแลระดับน้ำขังเป็นเวลา 3 เดือนจึงเก็บตัวอย่างน้ำ ทราย และต้นธูปฤาษีมาวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม ซึ่งในการเก็บตัวอย่างน้ำและดิน จะเก็บในแต่ละจุดให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของถังแล้วนำตัวอย่างที่เก็บได้มาผสมกัน เพื่อใช้เป็นตัวแทนของน้ำและดินทั้งหมด ส่วนต้นธูปฤาษีนำมาตากให้แห้งแล้วบดทั้งต้นผสมให้เข้ากันก่อนนำไปวิเคราะห์ แสดงผลโดยใช้ค่าเฉลี่ยของถังที่ทดลองซ้ำกันในแต่ละชุดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การศึกษาคุณภาพน้ำก่อนและหลังบำบัด

น้ำบ่อและน้ำจากชุมชนที่เติมลงไปในการทดลอง จะมีการวิเคราะห์หาค่าพีเอช ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด(TKN) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) และค่าบีโอดี (BOD) โดยใช้วิธีวิเคราะห์ตาม Standard Methods แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 วิธีการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
ปริมาณโครเมียม	Atomic Absorption Spectrometry
ค่าบีโอดี	Electrode method
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	Kjedahl method
ปริมาณฟอสฟอรัส	Vanado-molybdic acid method
ค่าพีเอช	PH meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 ค่าพีเอชของน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัด

ค่าพีเอช เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการนำเอาสารอาหารในน้ำเสียมาใช้เพื่อการเจริญเติบโตของต้นธูปฤาษี ค่าพีเอชจะมีผลต่อความสามารถในการละลาย และการเปลี่ยนรูปไอออนของโลหะหนักและฟอสเฟต ในการดูดซับไอออนต่างๆโดยรากของต้นธูปฤาษีจะต้องอยู่ในช่วงค่าพีเอชที่เหมาะสมเท่านั้น ค่าพีเอชจะเปลี่ยนแปลงเนื่องจากกระบวนการไนตริฟิเคชันซึ่งจะเปลี่ยนรูปแอมโมเนียมไปเป็นไนไตรต์และไนเตรต โดยจุลินทรีย์พวก nitrosomonas และ nitrobacter ในสภาวะที่มีออกซิเจน จากตารางที่ 4.1 ค่าพีเอชในน้ำบ่ออยู่ในช่วง 7.11 – 7.83 ขณะที่ในน้ำเสียชุมชนค่าพีเอชจะสูงกว่าเล็กน้อย โดยอยู่ในช่วง 7.89 – 8.47 ซึ่งอยู่ในช่วงที่พืชยังสามารถเจริญเติบโตได้ อย่างไรก็ตามค่าพีเอชในน้ำเสียชุมชนมีแนวโน้มลดลงจากก่อนบำบัด เนื่องจากเกิดกระบวนการ ไนตริฟิเคชัน ทำให้ค่าพีเอชลดลงเล็กน้อย

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าพีเอชของน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัด

น้ำบ่อ		น้ำเสียชุมชน	
ชุดการทดลอง	ค่าพีเอช	ชุดการทดลอง	ค่าพีเอช
ก่อนบำบัด	7.74	ก่อนบำบัด	8.66
หลังการบำบัด		หลังการบำบัด	
ถัง 1ก.	7.11	ถัง 1ข.	8.04
ถัง 2ก.	7.25	ถัง 2ข.	7.89
ถัง 3ก.	7.40	ถัง 3ข.	8.25
ถัง 4ก.	7.46	ถัง 4ข.	8.44
ถัง 5ก.	7.70	ถัง 5ข.	8.40
ถัง 6ก.	7.83	ถัง 6ข.	8.47

ถัง 1ก. และ 1ข. ชุดควบคุมไม่มีการเติมไอออนโครเมียม
ถัง 2ก. และ 2ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมเท่ากับ 1mg/L
ถัง 3ก. และ 3ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมเท่ากับ 5mg/L
ถัง 4ก. และ 4ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 10 mg/L
ถัง 5ก. และ 5ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 20 mg/L
ถัง 6ก. และ 6ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 50mg/L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ค่าบีโอดีของน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัด

ค่าบีโอดี เป็นค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี โดยจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียเป็นอาหาร ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าในน้ำที่มีความสกปรกมากจะมีค่าบีโอดีสูง ในการวิเคราะห์หาค่าบีโอดีในน้ำบ่อและน้ำเสียชุมชนพบว่าที่ความเข้มข้นของโครเมียมสูง ประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีจะลดลงเนื่องจากต้นธูปฤาษีเจริญเติบโตได้ไม่ดีทำให้เปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีลดลง และเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีในน้ำเสียชุมชนจะดีกว่าน้ำบ่อที่ความเข้มข้นของโครเมียม 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเท่ากับ 84.97 % ขณะที่น้ำบ่อกำจัดบีโอดีได้ 24.39 % แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าบีโอดีของน้ำเสียและประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดี

ชุดการทดลอง	น้ำบ่อ		ชุดการทดลอง	น้ำเสียชุมชน	
	บีโอดี (mg / L)	* % การกำจัดบีโอดี		บีโอดี (mg / L)	% การกำจัดบีโอดี
ก่อนบำบัด	49.90		ก่อนบำบัด	60.93	
หลังการบำบัด			หลังการบำบัด		
ถัง 1ก.	35.00	29.86	ถัง 1ข.	9.16	84.97
ถัง 2ก.	37.73	24.39	ถัง 2ข.	12.63	79.27
ถัง 3ก.	40.06	19.72	ถัง 3ข.	14.16	76.76
ถัง 4ก.	41.73	16.37	ถัง 4ข.	16.17	73.46
ถัง 5ก.	42.37	15.09	ถัง 5ข.	22.83	62.53
ถัง 6ก.	43.03	13.77	ถัง 6ข.	26.00	57.33

* % การกำจัดบีโอดี คำนวณจาก $\frac{\text{บีโอดีก่อนบำบัด} - \text{บีโอดีหลังบำบัด}}{\text{บีโอดีก่อนบำบัด}} \times 100$

ถัง 1ก. และ 1ข. ชุดควบคุมไม่มีการเติมไอออนโครเมียม

ถัง 2ก. และ 2ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมเท่ากับ 1mg/L

ถัง 3ก. และ 3ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมเท่ากับ 5mg/L

ถัง 4ก. และ 4ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 10 mg/L

ถัง 5ก. และ 5ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 20 mg/L

ถัง 6ก. และ 6ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 50mg/L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ศึกษาปริมาณทีเคเอ็นไนโตรเจนในน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัด

หลังจากบำบัดน้ำบ่อและน้ำเสียชุมชนด้วยต้นธูปฤาษี ปริมาณไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้แสดงผลดังตารางที่ 4.3 จากตารางผลการทดลองพบว่าปริมาณทีเคเอ็นไนโตรเจนลดลงทั้งในน้ำบ่อและน้ำเสียชุมชน น้ำเสียชุมชนจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดทีเคเอ็นไนโตรเจนสูงกว่าน้ำบ่อ โดยในน้ำบ่อกำจัด ทีเคเอ็นได้ 92.90 % และในน้ำเสียชุมชนกำจัดทีเคเอ็นได้ 94.84 % ที่ความเข้มข้นของโครเมียมเท่ากับ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากต้นธูปฤาษีเจริญเติบโตได้ดีในน้ำเสียชุมชน จึงสามารถดูดไนโตรเจนไปใช้ได้มาก นอกจากการดูดไปใช้เพื่อสร้างการเจริญเติบโตของต้นธูปฤาษีแล้ว ทีเคเอ็นไนโตรเจนในน้ำเสียทั้งสองชนิดอาจลดลงได้จากการระเหยของแอมโมเนีย กระบวนการไนตริฟิเคชัน ดีไนตริฟิเคชัน และการตกตะกอนเป็นไนเตรตอีกด้วย

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณทีเคเอ็นไนโตรเจนในน้ำเสีย และ ประสิทธิภาพในการกำจัดทีเคเอ็นไนโตรเจน

ชุดการทดลอง	น้ำบ่อ		ชุดการทดลอง	น้ำเสียชุมชน	
	ค่าทีเคเอ็น	* % การกำจัดทีเคเอ็น		ค่าทีเคเอ็น	% การกำจัดทีเคเอ็น
ก่อนบำบัด	10.42		ก่อนบำบัด	19.20	
หลังการบำบัด			หลังการบำบัด		
ถัง 1ก.	0.62	94.05	ถัง 1ข.	0.90	95.31
ถัง 2ก.	0.74	92.90	ถัง 2ข.	0.99	94.84
ถัง 3ก.	0.78	92.51	ถัง 3ข.	1.12	94.17
ถัง 4ก.	0.84	91.94	ถัง 4ข.	1.18	93.85
ถัง 5ก.	0.96	90.79	ถัง 5ข.	1.60	91.67
ถัง 6ก.	0.96	90.79	ถัง 6ข.	1.98	89.69

* % การกำจัดทีเคเอ็น คำนวณจาก $\frac{\text{ทีเคเอ็นก่อนบำบัด} - \text{ทีเคเอ็นหลังบำบัด}}{\text{ทีเคเอ็น ก่อนบำบัด}} \times 100$

ถัง 1ก. และ 1ข. ชุดควบคุมไม่มีการเติมไอออนโครเมียม

ถัง 2ก. และ 2ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมเท่ากับ 1mg/L

ถัง 3ก. และ 3ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมเท่ากับ 5mg/L

ถัง 4ก. และ 4ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 10 mg/L

ถัง 5ก. และ 5ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 20 mg/L

ถัง 6ก. และ 6ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 50mg/L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4. ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัด

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่ต้นธูปฤาษีต้องการมากเช่นเดียวกันกับไนโตรเจนจึงมีการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ลดลงจากน้ำบ่อและน้ำเสียชุมชนเพื่อหาประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดของต้นธูปฤาษี แสดงผลดังตารางที่ 4.4 ซึ่งในการทดลองต้นธูปฤาษีอยู่ในช่วงการแตกใบอ่อนเท่านั้น ธาตุอาหารฟอสฟอรัสจึงต้องการน้อยมาก ขณะที่ในน้ำเสียชุมชนมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่สูง เกินความต้องการของต้นธูปฤาษีจึงทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำหลังการบำบัดยังคงเหลืออยู่ ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดของต้นธูปฤาษีในน้ำบ่อจะมีค่าสูงกว่าในน้ำเสียชุมชน โดยที่ความเข้มข้นของโครเมียม 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในน้ำบ่อปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดถูกกำจัดได้ 100 % และในน้ำเสียชุมชนกำจัดได้ 66 .49 %

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียก่อนและหลังบำบัด และประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัส

ชุดการทดลอง	น้ำบ่อ		ชุดการทดลอง	น้ำเสียชุมชน	
	ฟอสฟอรัสทั้งหมด	* % การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมด		ฟอสฟอรัสทั้งหมด	% การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมด
ก่อนบำบัด	1.88		ก่อนบำบัด	3.82	
หลังการบำบัด			หลังการบำบัด		
ถัง 1ก.	0.00	100.00	ถัง 1ข.	0.73	80.89
ถัง 2ก.	0.00	100.00	ถัง 2ข.	1.28	66.49
ถัง 3ก.	0.28	85.11	ถัง 3ข.	1.57	58.90
ถัง 4ก.	0.30	84.04	ถัง 4ข.	1.81	52.62
ถัง 5ก.	0.43	77.13	ถัง 5ข.	2.17	43.19
ถัง 6ก.	0.82	56.38	ถัง 6ข.	2.73	28.53

* % การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมด คำนวณจาก $\frac{\text{ฟอสฟอรัสทั้งหมดก่อนบำบัด} - \text{ฟอสฟอรัสทั้งหมดหลังบำบัด}}{\text{ฟอสฟอรัสทั้งหมดก่อนบำบัด}} \times 100$

ถัง 1ก. และ 1ข. ชุดควบคุมไม่มีการเติมไอออนโครเมียม

ถัง 2ก. และ 2ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมเท่ากับ 1mg/L

ถัง 3ก. และ 3ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมเท่ากับ 5mg/L

ถัง 4ก. และ 4ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 10 mg/L

ถัง 5ก. และ 5ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 20 mg/L

ถัง 6ก. และ 6ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 50mg/L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ลักษณะของต้นธูปฤาษีที่ปลูกในน้ำบ่อและน้ำเสียชุมชนที่มีการปนเปื้อนด้วยโครเมียม

จากจำนวนต้นธูปฤาษีที่เหลือจากการทดลองแสดงให้เห็นได้ว่าในน้ำเสียชุมชน ซึ่งมีสารอาหารของต้นธูปฤาษีมากกว่าน้ำบ่อจะมีการเจริญเติบโตและอยู่รอดในน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนด้วยโครเมียมได้ดีกว่าน้ำบ่อ แสดงดังตารางที่ 4.5 โดยมีการพัฒนาของรากและการแตกยอดอ่อนได้มากกว่า ดังรูปที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2 ดังในช่วงแรกต้นธูปฤาษีที่ปลูกทั้งในน้ำบ่อและน้ำเสียชุมชนจะมีอัตราการเจริญเติบโตต่างกันไม่มาก เมื่อระยะเวลาผ่านไป สารอาหารในน้ำบ่อลดลง ต้นธูปฤาษีมีการเจริญเติบโตช้าลง และไม่สามารถทนความเข้มข้นของโครเมียมได้จึงตายในที่สุด ดังรูปที่ 4.3 ส่วนต้นธูปฤาษีที่ปลูกในน้ำเสียชุมชนมีความคงทนต่อโครเมียมได้มากกว่า และที่ความเข้มข้นของโครเมียมสูง ๆ ต้นธูปฤาษีจะมีการปรับตัว และแตกหน่อใหม่ขึ้นมาได้ดังรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.5 แสดงจำนวนต้นธูปฤาษีที่เหลืออยู่ในน้ำบ่อและน้ำเสียชุมชนหลังบำบัด

น้ำบ่อ		น้ำเสียชุมชน	
ชุดการทดลอง	จำนวนต้นธูปฤาษีที่เหลือ (ต้น)	ชุดการทดลอง	จำนวนต้นธูปฤาษีที่เหลือ (ต้น)
ก่อนบำบัด	21	ก่อนบำบัด	21
หลังการบำบัด		หลังการบำบัด	
ถัง 1ก.	21	ถัง 1ข.	19
ถัง 2ก.	10	ถัง 2ข.	21
ถัง 3ก.	15	ถัง 3ข.	10
ถัง 4ก.	-	ถัง 4ข.	5
ถัง 5ก.	-	ถัง 5ข.	5
ถัง 6ก.	-	ถัง 6ข.	2

- ต้นธูปฤาษีตายหมด ไม่มีเหลือ

ถัง 1ก. และ 1ข. ชุดควบคุมไม่มีการเติมไอออนโครเมียม

ถัง 2ก. และ 2ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมเท่ากับ 1

ถัง 3ก. และ 3ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมเท่ากับ 5

ถัง 4ก. และ 4ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมเท่ากับ 10

ถัง 5ก. และ 5ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมเท่ากับ 20

ถัง 6ก. และ 6ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมเท่ากับ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของรากที่แตกต่างกันของต้นธูปฤาษีที่ปลูกในน้ำบ่อและน้ำเสียชุมชน

รูปที่ 4.2 แสดงขนาดและจำนวนของต้นธูปฤาษีที่ปลูกในน้ำบ่อและน้ำเสียชุมชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะของต้นธูปฤาษีที่ตายเนื่องจากได้รับโครเมียมที่มีความเข้มข้นสูง

รูปที่ 4.4 แสดงการปรับตัวของต้นธูปฤาษีในน้ำเสียชุมชนที่เหี่ยวเฉาเนื่องจากผลของโครเมียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ปริมาณโครเมียมในน้ำ ต้นธูปฤาษี และดิน

หลังจากการทดลองการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียด้วยต้นธูปฤาษี เป็นระยะเวลา 3 เดือนพบว่าโครเมียมที่เติมในรูปของโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) มีการเคลื่อนย้ายจากน้ำไปสู่ต้นธูปฤาษีและทรายโดยเมื่อเติมสารละลายของโพแทสเซียมไดโครเมตลงในน้ำเสียจะเกิดการแตกตัวเป็นไดโครเมต ($Cr_2O_7^{2-}$) และโครเมต (CrO_4^{2-}) ละลายอยู่ในน้ำ จากตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณโครเมียมที่สะสมอยู่ในน้ำ ต้นธูปฤาษีและดิน ซึ่งจะเห็นได้ว่าโครเมียมจะสะสมอยู่ในต้นธูปฤาษีมากกว่าในน้ำและดิน ในน้ำเสียชุมชนจะมีประสิทธิภาพการดูดซับโครเมียมของต้นธูปฤาษีสูงกว่าน้ำบ่อ เนื่องมาจากต้นธูปฤาษีที่ปลูกในน้ำเสียชุมชนมีสารอาหารเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของต้นธูปฤาษี ทำให้ต้นธูปฤาษีมีรากและลำต้นที่แข็งแรง สามารถดูดซับโครเมียมได้ที่ความเข้มข้นของโครเมียม 1 มิลลิกรัมต่อลิตรจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียมของต้นธูปฤาษีสูงสุดปริมาณโครเมียมในน้ำ ต้นธูปฤาษี และดินที่ปลูกในน้ำเสียชุมชนมีเปอร์เซ็นต์การสะสมโครเมียมเท่ากับ 47.00 % ,63.00 % และ 42.60 % ตามลำดับ ขณะที่เปอร์เซ็นต์การสะสมโครเมียมในน้ำ ต้นธูปฤาษีและดินที่ปลูกในน้ำบ่อมีค่าเท่ากับ 4.30% ,15.00% และ8.30% ตามลำดับ ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณโครเมียมที่สะสมอยู่ในน้ำ ต้นธูปฤาษีและดิน

ชุดการทดลอง	น้ำบ่อ						ชุดการทดลอง	น้ำเสียชุมชน					
	ความเข้มข้นของโครเมียมหลังบำบัด (mg / L)			• % การสะสมโครเมียม				ความเข้มข้นของโครเมียมหลังบำบัด (mg / L)			• % การสะสมโครเมียม		
	น้ำ	ธูปฤาษี	ทราย	น้ำ	ธูปฤาษี	ทราย		น้ำ	ธูปฤาษี	ทราย	น้ำ	ธูปฤาษี	ทราย
ก่อนบำบัดหลังบำบัด	0.000	0.000	0.000				ก่อนบำบัดหลังบำบัด	0.000	0.000	0.000			
ถัง 1ก.	0.000	0.000	0.000	4.30	15.00	8.30	ถัง 1ข.	0.000	0.000	0.000	47.00	63.00	42.60
ถัง 2ก.	0.043	0.150	0.083	4.30	15.00	8.30	ถัง 2ข.	0.470	0.630	0.620	47.00	63.00	42.60
ถัง 3ก.	3.747	* -	0.000	74.94	-	0.00	ถัง 3ข.	2.267	1.753	0.763	45.34	35.06	15.26
ถัง 4ก.	5.747	-	0.007	57.47	-	0.07	ถัง 4ข.	5.653	2.340	1.040	56.53	23.40	10.40
ถัง 5ก.	16.117	-	0.013	80.59	-	0.07	ถัง 5ข.	14.753	4.867	1.147	52.56	24.36	5.74
ถัง 6ก.	42.337	-	0.060	84.75	-	0.12	ถัง 6ข.	27.79	5.430	1.240	55.58	10.86	2.48

* - หมายถึง ต้นธูปฤาษีตาย

• % การสะสมโครเมียม คำนวณจาก $\frac{\text{ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมหลังบำบัด}}{\text{ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมที่เติม}} \times 100$

ถัง 1ก. และ 1ข. ชุดควบคุมไม่มีการเติมไอออนโครเมียม

ถัง 2ก. และ 2ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมเท่ากับ 1mg/L

ถัง 3ก. และ 3ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมเท่ากับ 5mg/L

ถัง 4ก. และ 4ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 10 mg/L

ถัง 5ก. และ 5ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 20 mg/L

ถัง 6ก. และ 6ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 50mg/L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาการโครเมียมในน้ำเสียด้วยต้นธูปฤาษี โดยปลูกต้นธูปฤาษีจำนวน 7 ต้นในภาชนะพลาสติกความจุ 60 ลิตร ที่บรรจุทรายสูง 15 เซนติเมตร เติมน้ำ 30 ลิตร ซึ่งน้ำที่ใช้ในการทดลองได้แก่ น้ำบ่อ และ น้ำเสียชุมชน ใส่โครเมียมที่เตรียมจากสารโพแทสเซียมไดโครเมต ในน้ำทั้ง 2 ชนิด ให้มีความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 1, 5 , 10 , 20 , 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ใช้ระยะเวลาการกักเก็บน้ำเสีย 3 เดือน นำน้ำ ต้นธูปฤาษี และทราย มาวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม และวิเคราะห์ พีเอช บีโอดี ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ในน้ำเสียเพื่อหาประสิทธิภาพของต้นธูปฤาษีในการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีโครเมียม เจือปน

1. ต้นธูปฤาษีที่ปลูกในน้ำเสียชุมชนจะมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าต้นธูปฤาษีที่ปลูกในน้ำบ่อ เนื่องจากในน้ำเสียชุมชนมีสารอาหารเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของต้นธูปฤาษี โดยต้นธูปฤาษีในน้ำบ่อเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นอัตราการเจิญเติบโตของต้นธูปฤาษีจะช้าลง และหยุดการเจริญเติบโตในที่สุดเมื่อสารอาหารหมดไป
2. ต้นธูปฤาษีมีความทนทานต่อโลหะโครเมียมได้ในช่วงความเข้มข้นที่ไม่สูงมากนัก โดยต้นธูปฤาษีที่ปลูกในน้ำบ่อจะมีความทนทานต่อโครเมียมต่ำ เนื่องจากมีการเจริญเติบโตไม่เต็มที่ การพัฒนาของรากมีน้อย ส่งผลให้ต้นธูปฤาษีเหี่ยวเฉาและตายในน้ำที่มีความเข้มข้นของโครเมียมสูง แต่ในน้ำเสียชุมชนที่มีการเจริญเติบโตดี จะสามารถทนทานต่อความเข้มข้นของโครเมียมสูงได้ดีกว่าน้ำชุมชน โดยมีการปรับตัว และสามารถแตกหน่อใหม่ขึ้นมาได้ ที่ความเข้มข้นของโครเมียม 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด
3. โครเมียมที่ละลายอยู่ในน้ำเสียจะมีการเคลื่อนย้ายจากน้ำเสียสู่ดินจากการตกตะกอน และการดูดซับโครเมียมของต้นธูปฤาษี เนื่องจากในการทดลองนี้ใช้ระยะเวลาในการศึกษาน้อย เป็นผลให้ต้นธูปฤาษีปรับตัวได้ไม่เต็มที่จึงดูดซับโครเมียมได้ในปริมาณน้อยกว่าที่ควร โดยในน้ำเสียชุมชนจะมีปริมาณโครเมียมในน้ำ ต้นธูปฤาษี และดิน ร้อยละ 47.00 , 63.00 และ 42.60 ตามลำดับ และปริมาณโครเมียมในน้ำบ่อร้อยละ 4.30 , 15.00 และ 8.30 ตามลำดับ
4. การบำบัดน้ำเสียด้วยต้นธูปฤาษี ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น โดยสามารถลดค่าบีโอดี ทีเคเอ็นไนโตรเจน ฟอสฟอรัส จากน้ำเสียได้ดีในน้ำที่มีความเข้มข้นของโครเมียมต่ำ และประสิทธิภาพการบำบัดจะลดลงเมื่อน้ำมีความเข้มข้นของโครเมียมสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การเลือกต้นธูปฤาษีที่นำมาใช้ในการทดลอง ไม่ควรเลือกต้นที่มีขนาดเล็กมากเกินไป เนื่องจากต้นอ่อนมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปได้น้อย
2. ควรใช้ระยะเวลาในการศึกษาให้ยาวนานกว่านี้ เพื่อให้ต้นธูปฤาษีสามารถปรับตัวให้ทนต่อน้ำเสียที่มีโครเมียมเจือปนได้
3. ในน้ำที่มีสารอาหารของพืชอยู่น้อย ควรเติมสารอาหารให้แก่พืชด้วย พื่อให้ต้นธูปฤาษีสามารถเจริญเติบโตได้ดี และทนต่อโครเมียมที่มีความเข้มข้นสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

สุชาดา ศรีเพ็ญ. 2530. พรรณไม้น้ำ. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

Amstong, W. 1964. Oxygen diffusion from the roots of some British bog plants. Nature. 204 : 801-802.

Amstong, W. 1967a. The oxidising activity of roots in waterlogged soils. Physiol. Plantarum 20 : 920-926.

Amstong, W. 1967b. The us of polarography in the assay of oxygen diffusing from roots in anaerobic media. Physiol. Plantarum. 20 : 540-553.

Amstong, W. 1967c. The relationship between oxidation-reduction potentials and oxygen-diffusion levels in some waterlogged organic soils. J. Soil Sci. 18 (1) : 27-34

Cowardin, L.M., Carter, V., Golet, F.C., and Laroe, E.T. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. U.S. Dept. of Interior, FWS/OBS-79/31.

Denbign, K.G. and Raumann, G. 1951. The thermo-osmosis of gasses through a membrane. I. Theoretical. Proc. Royal. Soc. 210 A : 377-387

Grosse, W. and Mevi-Schutz, J. 1987. A beneficial gas transport system in *Nymphoides peltata.* Am.J. Bot. 74 : 947-952.

Grosse, W. 1989. Thermoosmotic air transport im aquatic plants affecting growth for wastewater treatment : Municipal, industrial and agricultural. Lewis Publishing, Inc. Michigan. p. 469-476

Stephen, P.F. and Richardson, C.F. 1989. Physical and chemical characteristics of freshwater wetland soils. In : Hammer, D.A. Constructed wetlands for wastewater treatment : Municipal industrial and agricultural. Lewis Publishing, Inc. Michigan. p. 41-72.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

มัลลิกา ปัญญาคะโป. การบำบัดน้ำเสีย 2. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2537. วิศวกรรมการกำจัดน้ำเสีย เล่มที่ 3. พิมพ์ครั้งที่ 1. มิตรนราการพิมพ์. กรุงเทพมหานคร.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539. การบำบัดน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 1. มิตรนราการพิมพ์. กรุงเทพมหานคร.

ธีระ เกรอต. 2539. วิศวกรรมน้ำเสีย การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

การะเกด อมรรัตนเกียรติ และ นายเกรียงศักดิ์ เลิศประภามงคล. 2538. " การดูดซับโครเมียม(+6) ในน้ำเสียโดยใช้ยีสต์". โครงงานพิเศษปริญญาตรี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

ขนิษฐา เจริญลาภ. 2539. " การบำบัดตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม และนิเกิลในน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีโดยใช้ดินในสภาพน้ำขังสลับน้ำแห้งร่วมกับพืช".วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

รินดา คันธวร, อำภร เริงปรีดารมย์ และ อุดมฤทธิ์ วิทูรชวลิตวงษ์. 2541. " การใช้ไคโตแซนตรึงรูปสาหร่ายสีเขียว Chlorella vulgarie TIS TR 8261 เพื่อดูดซับโครเมียม(+6)". โครงงานพิเศษปริญญาตรี,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

พรพิมล ห่อสุวรรณชัย. 2542. " การบำบัดโลหะหนักบางชนิดในน้ำเสียชุมชนโดยใช้หญ้ากรอง". วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

จรีรัตน์ สาตราวาหะ. 2540. " การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในน้ำเสียชุมชน โดยการปลูกพืชในสภาพของดินสลับน้ำขังและน้ำแห้ง". วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ดร. เทียนชัย สุวรรณเวช. 2539. เคมีของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2540. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดร. ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. 2539. ภาวะมลพิษของดินจากการใช้สารเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ดุสิต มานะจุติ. ปฐพีวิทยาทั่วไป. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

นัทธีรา สรรมณี. 2541. เคมีสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่2. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยศิลปากร. นครปฐม.

กรองแก้ว ทิพยศักดิ์ และ พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย. ปฏิบัติการเคมีสิ่งแวดล้อม1. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

APHA,AWWA and WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 19th ed. 1995.

Mclaren , R.G. and K.C. Cameron. **Soil Science : Sustainable Production and Environmental Protection.** Oxford University press new zealand, 1996.

Hinrich L. Bohn and Brian L. mcNeal andGeorge A. O'Connor . **Soil Chemistry**. 2001. 3 rd Edition. John Wiley and Sons, Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

การเตรียมสารละลายสต็อคโครเมียม ที่มีความเข้มข้น 1000 มก. / ล.

1. คำนวณหาน้ำหนักโมเลกุลของ $K_2Cr_2O_7$

K	2	อะตอม	=	2 x39	=	78
Cr	2	อะตอม	=	2x52	=	104
O	7	อะตอม	=	7x16	=	112

น้ำหนักโมเลกุลของ $K_2Cr_2O_7$ = 294

2. คำนวณหาน้ำหนักของ $K_2Cr_2O_7$

Cr 104 มิลลิกรัม อยู่ใน $K_2Cr_2O_7$ 294 มิลลิกรัม

Cr 104 มิลลิกรัม อยู่ใน $K_2Cr_2O_7$ $\frac{294 \times 1000}{104}$ มิลลิกรัม

น้ำหนักของ $K_2Cr_2O_7$ = 2,827 มิลลิกรัม

นำสาร $K_2Cr_2O_7$ 2.827 กรัม ละลายในน้ำ 1 ลิตร

จะได้สารละลายสต็อคโครเมียม 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตัวอย่างการคำนวณการเติมโครเมียมให้มีความเข้มข้นตามต้องการ เช่น ถ้าต้องการน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการเติมสารละลายสต็อคโครเมียมความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในน้ำเสีย 30 ลิตร

จากสูตร $C_1 V_1 = C_2 V_2$

$1000 \times V_1 = 5 \times 30$

$V_1 = \frac{5 \times 30}{1000}$

$= 0.15$ ลิตร

จาก 1 ลิตร = 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

0.5 ลิตร = 0.15 x 1000

= 150 ลูกบาศก์เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมตัวอย่างน้ำก่อนการวิเคราะห์ (pretreatment)

ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำไม่เป็นกลาง จะต้องทำให้มีพีเอช 6.5 - 7.5 ด้วยกรดซัลฟิวริก 0.5 โมล/ลบ.ดม. หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมล/ลบ.ดม. และต้องระวังไม่ให้ปริมาณของตัวอย่างน้ำเปลี่ยนแปลงมากกว่า 0.5 % ในกรณีตัวอย่างน้ำมีคลอรีนตกค้างจะต้องกำจัดออกก่อน ซึ่งโดยปกติคลอรีนตกค้างจะลดลงเองเมื่อตั้งตัวอย่างทิ้งไว้ 1-2 ชั่วโมง แต่ในตัวอย่างซึ่งมีคลอรีนตกค้างปริมาณมาก ๆ จะต้องกำจัดโดยการเติมสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ ซึ่งจะทราบปริมาณว่าต้องเติมไปเท่าใด โดยนำตัวอย่างน้ำที่ปรับพีเอชให้เป็นกลางแล้วมาในปริมาณที่เหมาะสม (ระหว่าง 100-1,000 ลบ.ซม.) เติมกรดแอซีติก (กรดเข้มข้น + น้ำกลั่น = 1 + 1 ส่วน) หรือกรดซัลฟิวริก (กรดเข้มข้น + น้ำกลั่น = 1+50 ส่วน) 10 ลบ.ซม. เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 10 ลบ.ซม. (เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 10 กรัมในน้ำกลั่น 100 ลบ.ซม.) แล้วไทเทรตด้วยสาร

การวิเคราะห์หาค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand,BOD)

การวิเคราะห์หาค่าบีโอดีเป็นการวิเคราะห์เพื่อที่จะทราบถึงปริมาณความสกปรกของน้ำ เช่น น้ำในแม่น้ำลำคลอง น้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือน และโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น เพื่อประโยชน์ในการออกแบบระบบบำบัด ควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งและประสิทธิภาพของระบบนั้น ๆ โดยคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์

การวิเคราะห์หาค่าบีโอดี โดยทั่วไปเป็นการวัดปริมาณออกซิเจน ที่ถูกใช้หมดไปในเวลา 5 วัน ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 ° ซ.

เนื่องจากออกซิเจนในอากาศสามารถละลายน้ำได้ในปริมาณจำกัด คือ ประมาณ 9 มก./ลบ.ดม. ในน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 20 ซ. ดังนั้นในน้ำเสียซึ่งมีความสกปรกมากจำเป็นจะต้องทำให้ปริมาณความสกปรกเจือจางลงอยู่ในระดับซึ่งลมมูลพอดีกับปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ การวิเคราะห์นี้เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ในน้ำ จึงจำเป็นต้องทำให้มีสภาพที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ กล่าวคือไม่มีสารพิษ แต่มีอาหารเสริมเพียงพอสำหรับจุลินทรีย์ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เป็นต้น นอกจากนี้การย่อยสลายอินทรีย์ให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำกระทำโดยจุลินทรีย์หลายชนิด ในตัวอย่างน้ำที่ทำการวิเคราะห์จึงจำเป็นต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เหล่านี้อยู่อย่างเพียงพอ ถ้าไม่มีหรือมีปริมาณน้อยไปควรเติมจุลชีพซึ่งเรียกว่า หัวเชื้อ (Seed) ลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ขวดบีโอดี (BOD) พร้อมจุกขนาดมาตรฐาน 300
2. ตู้บ่ม(incubator) ซึ่งสามารถควบคุมและปรับอุณหภูมิได้เองโดยอัตโนมัติที่ 20 ± 1 ° ซ. และสามารถป้องกันไม่ให้แสงผ่านเข้าไปได้
3. อุปกรณ์เครื่องแก้วต่าง ๆ
4. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูที่ 20 ± 1 ° ซ
5. เครื่องเติมอากาศ
6. กระบอกตวงขนาด 1000 มล.
7. เครื่องวัดดีโอเมมเบรน อิเลคโทรด

รีเอเจนต์

1. น้ำกลั่น ต้องเป็นน้ำกลั่นซึ่งมีปริมาณของทองแดงน้อยกว่า 0.01 มก./ลบ.ดม
2. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ พีเอช 7.2
3. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์
4. สารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์
5. สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต
6. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
7. สารละลายโซเดียมซัลไฟด์
9. สารละลายกลูโคสและกรดกลูตามิก (Goucose-glutamic acid solution)

2. วิธีการวิเคราะห์

วิธีทำให้เจือจางใช้ในกรณีที่ตัวอย่างน้ำมีความสกปรกสูง (มีค่าบีโอดีมากกว่า 7 มก./ลบ.ดม.) จำเป็นจะต้องทำให้ตัวอย่างน้ำที่สกปรกเจือจางลงโดยใช้น้ำผสมเจือจาง และควรทำหลาย ๆ ความเข้มข้นอย่างน้อย 3 ความเข้มข้น

1. การเตรียมน้ำผสมเจือจาง
   - นำน้ำกลั่นที่ปราศจากสารมีพิษซึ่งกลั่นจากเครื่องกลั่นแก้ว มาทำการปรับอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 20 ± 1 ° ซ.
   - ปรับคุณภาพน้ำให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ โดยเติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ แมกนีเซียมซัลเฟต แคลเซียมคลอไรด์ และไอร์ออนคลอไรด์อย่างละ 1 ลบ.ซม. ต่อน้ำกลั่น 1 ลบ.ดม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เติมอากาศให้มีออกซิเจนละลายอิ่มตัว

2.2 การตรวจสอบคุณภาพน้ำผสมเจือจาง (dilution water check)

เติมน้ำผสมเจือจางที่ยังไม่ได้หัวเชื้อลงในขวดบีโอดี 3 ขวด ขวดหนึ่งนำไปหาค่าออกซิเจนละลายก่อน อีก 2 ขวดปิดจุก นำไปอินคิวเบท 5 วันที่อุณหภูมิ 20 ° ซ และไม่ต้องนำไปใช้ในการคำนวณ ผลต่างของค่าออกซิเจนละลายก่อนและหลัง 5 วัน ที่ 20 ° ซ ไม่ควรเกิน 0.2 มก./ลบ.ดม. และจะยิ่งดีถ้าไม่เกิน 0.1 มก./ลบ.ดม.

2.3 การตรวจสอบคุณภาพน้ำผสมเจือจาง ประสิทธิภาพของหัวเชื้อ และวิธีการวิเคราะห์โดยใช้กลูโคส-กรดกลูตามิก (glucose – glutamic acid check) เนื่องจากน้ำกลั่นที่ใช้อาจจะมีสารเจือปนอยู่ โดยเฉพาะทองแดงซึ่งจะทำให้หัวเชื้อมีประสิทธิภาพลดลง มีผลทำให้ค่าบีโอดีที่ได้ต่ำกว่าความเป็นจริง ควรตรวจสอบโดยใช้สารประกอบอินทรีย์บริสุทธิ์ที่ทราบค่าบีโอดีแล้ว ซึ่งได้แก่ กลูโคสและกรดกลูตามิค กลูโคสออกซิไดส์ได้ง่ายแต่อัตราการออกซิไดส์ไม่คงที่ ใช้ได้กับหัวเชื้อทั่ว ๆ ไป เมื่อใช้ผสมกับกรดกลูตามิคจะทำให้อัตราการออกซิไดส์คงที่ และมีสมบัติคล้ายกับน้ำเสียจากชุมชน

2.4 การเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์ (seed) เพื่อให้ได้จุลินทรีย์ ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลาย จำเป็นจะต้องเลือกหัวเชื้อที่เหมาะสมกับตัวอย่างแต่ละชนิด โดยทั่วไปใช้น้ำจากส้วมหรือน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อมาก่อน เป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์

2.5 การผสมเจือจาง เนื่องจากการวิเคราะห์ค่าบีโอดีต้องอาศัยปฏิกิริยาทางชีวเคมี โดยมีจุลินทรีย์เป็นตัวกลางในการย่อยสลาย สภาวะแวดล้อมจะมีผลต่อการวิเคราะห์มาก ทำให้ค่าบีโอดีที่ได้มีความผันแปรสูง การวิเคราะห์ตัวอย่างหนึ่ง ๆ จึงมักจะทำการผสมเจือจางหลาย ๆ ความเข้มข้น (โดยทั่วไปไม่น้อยกว่า 3 ความเข้มข้น) ส่วนอัตราส่วนในการผสมเจือจางอาจประมาณจากชนิดของตัวอย่าง หรือค่าความเข้มข้นโดยประมาณ เมื่อได้อัตราส่วนเหมาะสมแล้วจึงทำการผสมเจือจาง ดังนี้

ค่อย ๆ รินน้ำผสมเจือจาง ลงในกระบอกตวงขนาด 1,000 ลบ.ซม.) ประมาณ 500 ลบ.ซม. โดยให้น้ำค่อย ๆ ไหลลงตามข้างกระบอกตวง

เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ (2.2.4) ลงในกระบอกตวง 2 ลบ.ซม. (ในกรณีที่จำเป็นต้องเติม)

เติมตัวอย่างน้ำตามส่วนที่คำนวณได้จากตารางที่ หรือ

กวนให้เข้ากันโดยใช้แท่งแก้วเสียบจุกยางไว้ที่ปลาย ชักขึ้นลงเบา ๆ ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ

ค่อย ๆ รินตัวอย่างที่ผสมเข้ากันดีแล้วนี้ ลงในขวดบีโอดีที่แห้งและสะอาดจนเต็ม 3 ขวด ปิดจุกให้สนิท ขวดหนึ่งนำไปวิเคราะห์หาค่าออกซิเจนละลายวันแรก (ตามวิธีในหัวข้อ) อีกสองขวดนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปอินคิวเบทที่อุณหภูมิ 20 ซ เป็นเวลา 5 วัน ก่อนนำไปอินคิวเบทให้ตรวจดูว่ามีน้ำหล่อที่ปากขวดและควรตรวจดูทุกวันอย่าให้แห้ง(ถ้าแห้งให้เติมด้วยน้ำผสมเจือจาง)

2.6 การอินคิวเบท

หลังจากอินคิวเบทที่อุณหภูมิ 20 ซ ในที่มืดครบ 5 วันแล้วนำมาหาค่าออกซิเจนละลาย ตัวอย่างที่ใช้ได้จะต้องมีค่าออกซิเจนละลายเหลืออยู่อย่างน้อย 1 มก./ลบ.ดม. และมีการใช้ออกซิเจนไปอย่างน้อย 2 มก./ลบ.ดม.

2.7 การแก้ค่าเนื่องจากการเติมหัวเชื้อ (seed correction)

ถ้ามีการใส่หัวเชื้อ จะต้องนำหัวเชื้อมาทำให้เจือจางแล้วนำไปอินคิวเบทเช่นเดียวกับตัวอย่างน้ำ จากนั้นนำมาหาค่าการใช้ออกซิเจนหลังจาก 5 วัน เลือกอันที่มีการใช้ออกซิเจนระหว่าง 40-70% การคำนวณดูในหัวข้อสุดท้าย

ตารางแสดง การเจือจางและชนิดตัวอย่างน้ำ

% Dilution	Type of sample
0.0 – 1.0	Strong industrial wastes
1 – 5	Raw & settled wastewater
5 – 25	Biologically treated effluent
25 – 100	Polluted river waters

ตารางค่าบีโอดีที่วัดได้กับอัตราการเจือจางต่าง ๆ

% mixture	Range of BOD
0.01	20,000 – 70,000
0.02	10,000 – 35,000
0.05	4,000 – 14,000
0.1	2,000 – 7,000
0.2	1,000 – 3,500
0.5	400 – 1,400
1.0	200 – 700
5.0	40 – 140
10.0	20 – 70
20.0	10 – 35
50.0	4 – 14
100.0	0 – 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การหาค่าออกซิเจนละลาย

การหาค่าออกซิเจนละลายในวันแรก และวันหลังหลังจากอินคิวเบทแล้ว 5 วัน ใช้วิธีเดียวกับวิธีการวิเคราะห์หาออกซิเจนละลายในหัวข้อ

2.9 การคำนวณ

ค่าบีโอดีเมื่อไม่ใส่หัวเชื้อ : บีโอดี (มก./ลบ.ดม.) = $\frac{D_1 - D_2}{P}$

ค่าบีโอดีเมื่อใส่หัวเชื้อ : บีโอดี (มก./ลบ.ดม.) = $\frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)\, f}{P}$

D_1 = ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำเมื่อวัดหลังเจือจางน้ำทันที

D_0 = ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำเมื่อวัดหลังเจือจางน้ำและบ่มเป็นเวลา 5 วัน

B_1 = ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำในชุดควบคุมที่เติมหัวเชื้อโดยวัดทันที

B_1 = ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำในชุดควบคุมที่เติมหัวเชื้อโดยวัดหลังจากบ่ม 5วัน

f = อัตราส่วนของหัวเชื้อในน้ำตัวอย่างต่อกลุ่มที่ควบคุม

p = สัดส่วนที่ทำการเจือจางน้ำ

การวิเคราะห์หาปริมาณทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen , TKN)

ทีเคเอ็น เป็นการหาออร์แกนิคไนโตรเจนและแอมโมเนียมไนโตรเจน ซึ่งจะถูกเปลี่ยนโดยจุลชีพให้เป็นองค์ประกอบของเซลล์

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดย่อยสลายเจลดาห์ล ซึ่งมีองค์ประกอบของระบบกำจัดควัน
2. อุปกรณ์การกลั่นซึ่งเข้าชุดกับอุปกรณ์ย่อยสลาย
3. เม็ดแก้วหรือหรือหินที่ทนต่อการต้มในกรด
4. ชุดสำหรับการไทเทรต

สารเคมี

1. น้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย
2. กรดซัลฟิวริค 3 M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ – โซเดียมไทโอซัลเฟต
5. สารที่ใช้ในการย่อยสลาย
   สารละลายไดโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 134 กรัม ในน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย 650 มล. และค่อย ๆ เติมกรดซัลฟิวริคเข้มข้น 200 มล.
6. สารละลายมิกซ์อินดิเคเตอร์
7. สารละลายอินดิเคติงบอริกแอซิด
8. สารละลายกรดซัลฟิวริค 0.01 M

การวิเคราะห์

1. ใส่ตัวอย่าง 250 มล. ลงในขวดเจลดาห์ล ขนาด 800 มล. เจือจางให้เป็น 300 มล. และทำการปรับสภาพให้ได้พีเอช 7 เตรียมแบลงค์โดยใช้ปริมาตร 250 มล. เช่นกัน
2. ค่อย ๆเติมสารที่ใช้ในการย่อยสลาย 50 มล. ลงในแต่ละขวด
3. หลังจากผสมให้เข้ากันดีแล้ว นำขวดไปวางใส่ในอุปกรณ์ที่ใช้ในการย่อยสลาย ทำการต้มส่วนผสมทันทีจนสารละลายเริ่มใส ต้มต่ออีก 30 นาที แล้วจึงปิดเครื่องย่อยสลาย
4. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น และเจือจางเป็น 300 มล. ด้วยน้ำกลั่น เติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 0.5 มล. ลงในแต่ละขวดและผสมให้เข้ากัน
5. เอียงขวดแล้วค่อย ๆ เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ – โซเดียมไทโอซัลเฟต 50 มล.ลงไปตามผนังของขวดที่ย่อยสลาย
6. ต่อขวดเจลดาห์ลอย่างระมัดระวังในชุดอุปกรณ์การกลั่น เติมสารละลายอินดิเคติงบอริกแอซิด 50 มล. ลงในขวดที่รองรับ
7. ผสมสารต่าง ๆให้เข้ากันโดยการหมุนไปมาเบา ๆ
8. เปิดเครื่องกลั่นและเก็บส่วนที่กลั่นออกมาให้ได้ 200 มล.ไว้ในขวดขนาด 250 มล. ซึ่งมีสารละลายอินดิเคติงบอริกแอซิด
9. ปิดเครื่องกลั่น นำส่วนที่กลั่นได้นี้ปริมาณทีเคเอ็นในตัวอย่าง โดยการไทเทรตกับสารมาตรฐาน 0.02 M H_2SO_4 ปริมาตรที่ใช้ในการไทเทรตเท่ากับ A
10. ไทเทรตส่วนที่กลั่นได้จากแบลงค์ด้วยสารละลายมาตรฐาน 0.02 M H_2SO_4 บันทึกปริมาตรที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

ทีเคเอ็น (มก. / ล.) = $\frac{(A - B) \times 280}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง}}$

A = ปริมาตรกรดซัลฟิวริกที่ใช้กับตัวอย่างน้ำ (มล.)

B = ปริมาตรกรดซัลฟิวริกที่ใช้กับแบลงค์

การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)

การย่อยสลายขั้นแรกโดยวิธีกรดซัลฟิวริก-ไนทริก (preliminary digestion steps for total phosphorus by sulfuric acid-nitric acid digestion)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดย่อยสลายหรือไดเจสชันแรค (digestion rack) ใช้ไฟฟ้าหรือแก๊สมีทางสำหรับระบายควัน
2. ขวดไมโครเจลดาห์ล (micro-kjeldahl flask)

รีเอเจนต์

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น
2. กรดไนทริกเข้มข้น
3. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน อินดิเคเตอร์
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมล/ลบ.ดม.

วิธีวิเคราะห์

ใส่ตัวอย่างน้ำจำนวนพอเหมาะประมาณ 25-100 ลบ.ซม.ลงในขวดไมโครเจลดาห์ล ใส่กรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 ลบ.ซม. และกรดในทริกเข้มข้น 5 ลบ.ซม. ตามลงไป นำไปย่อย สลายบนเครื่องไดเจสชั่นแรคจนได้ปริมาตร 1 ลบ.ซม. และย่อยสลายต่อไปเพื่อไล่กรดไนทริกจนกว่าสารละลายไม่มีสีทำให้เย็นและเติมน้ำกลั่นประมาณ 20 ลบ.ซม. ใส่ฟีนอล์ฟทาลีนอนดิเคเตอร์ 1 หยด (0.05 ลบ.ซม.) เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมล/ลบ.ดม. ลงไปทีละน้อย ๆ จนสารละลายมีสีชมพูอ่อน

ถ้าสารละลายนี้ขุ่น ให้กรองก่อนแล้วถ่ายลงในขวดวัดปริมาณขนาด 100 ลบ.ซม. ใช้น้ำกลั่นล้างสารละลายที่ติดตามขวดเจลดาห์ล จนแน่ใจว่าล้างหมด รวมน้ำที่ใช้ล้างทั้งหมดลงในสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่อยู่ในขวดวัดปริมาตรและเติมน้ำกลั่นลงไปจนถึงขีดจะได้ปริมาตร 100 ลบ.ซม. เก็บสารละลายนี้ไว้สำหรับหาฟอสฟอรัสด้วยต่อไป

วิธีแวนาโดโมลิบดิกแอซิด

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

สารเคมี

1. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มัล
3. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น
4. สารละลายแวนาเดท – โมลิบเดท
5. แอกทิเวเต็ดคาร์บอน
6. สารละลายสต็อคฟอสเฟต
7. สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต

วิธีการทดลอง

1. นำตัวอย่างน้ำที่ย่อยสลายแล้ว มาวัดพีเอชให้อยู่ในช่วง 4 – 10 ถ้าต่ำหรือสูงกว่านี้ให้ปรับพีเอชอยู่ในช่วงดังกล่าว
2. ปิเปตตัวอย่างน้ำมา 50 มล. กำจัดสีออกด้วยแอกทิเวเต็ดคาร์บอน 200 มก. เขย่าให้เข้ากันและกรองด้วยกระดาษกรอง ขนาด 42
3. หลังปรับพีเอช ปิเปตมา 35 มล. ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มล. เติมสารละลายแวนาเดท – โมลิบเดท 10 มล. ปรับปริมาตรเป็น 50 มล. ด้วยน้ำลั่น ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างเทียบกับแบลงค์และกราฟมาตรฐานที่มีความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร
4. การเตรียมกราฟมาตรฐาน โดยการปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต 0, 2, 5, 10, 30 และ 40 ได้อนุกรมของฟอสเฟตที่มีความเข้มข้น 0 , 2 ,5, 10, 30 และ 50 ไมโครกรัม ตามลำดับ ทำการวัดสีที่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับตัวอย่างน้ำและแบลงค์
5. การคำนวณ

$$\text{ฟอสเฟต (มก./ล.)} = \frac{\text{ไมโครกรัมฟอสเฟตที่อ่านได้จากกราฟ}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มล.)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม

วิธี Atomic Absorption Spectrometric การวิเคราะห์โครเมียมโดยวิธีนี้ เปลวไฟที่เกิดจากก๊าซผสมระหว่างอากาศและ Acetylene จะให้พลังงานที่ทำให้ธาตุแตกตัวเป็นอะตอมเสรี (Atomzation) เพื่อให้ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 357 นาโนเมตร

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่อง Atomic Absorption Spectrometer
2. เครื่องแก้วอื่น ๆ

สารเคมี

1. น้ำกลั่นที่ปราศจากโครเมียม
ใช้น้ำนี้สำหรับเตรียมน้ำยาเคมี สารละลายมาตรฐานและการเจือจางตัวอย่าง
2. กรดไนตริก (Nitric Acid) เข้มข้น
3. สารละลายสต๊อคโครเมียมเข้มข้น (Stock Chromium Solution)
4. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น
5. กรดเปอร์คลอริก 70%
6. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30 %
7. กรดไฮโดรฟลูออริก 50 %

ละลายโครเมียมไตรออกไซด์ (CrO_3) จำนวน 0.1923 กรัม ในน้ำกลั่นจนละลายหมด ทำให้เป็นกรดด้วยการเติมกรดไนตริกเข้มข้น 10 มล. แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

สารละลายโครเมียม 1 มล.	=	โครเมียม 100 ไมโครกรัม

8. สารละลายโครเมียมเข้มข้นปานกลาง (Intermediate Chromium Solution)
ดูดสารละลายโครเมียมเข้มข้นจาก ข้อ 3 จำนวน 10.0 มล. เติมน้ำกลั่นจนได้ 100 มล. ในขวดวัดปริมาตร

สารละลายโครเมียม 1 มล. =	โครเมียม 10 ไมโครกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมตัวอย่าง ถ้าต้องการวัดในรูปละลายน้ำต้องกรองตัวอย่างก่อน แล้วจึงนำตัวอย่างไปย่อยด้วยเครื่องไมโครเวฟ กรองสารละลายที่ได้จนใส นำไปวัด
2. การเตรียมกราฟมาตรฐาน เตรียมสารละลายมาตรฐานตามช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมอย่างน้อย 4 ความเข้มข้น เช่น 0.2 , 0.4, 0.6, และ 0.8 มก./ล. โดยเติมกรดไนตริกเข้มข้น 0.15 มล. ต่อสารละลายมาตรฐาน 100 มล. สำหรับแบลงค์ใช้น้ำกลั่นที่ปราศจากโครเมียมที่เติมกรดไนตริกเข้มข้น 1.5 มล./1000 มล.
3. เตรียมเครื่อง Atomic Absorption ทำกราฟมาตรฐานแล้วนำตัวอย่างเข้าวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆในน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัด

ชุดการทดลอง	น้ำบ่อ				ชุดการทดลอง	น้ำเสียชุมชน			
	pH	BOD	TKN	TP		pH	BOD	TKN	TP
ก่อนบำบัด หลังบำบัด	7.74	49.90	10.42	1.88	ก่อนบำบัด หลังบำบัด	8.68	60.93	10.42	3.82
1ก.ถังที่ 1	7.04	34.20	0.65	0.00	1ข.ถังที่ 1	8.66	8.40	0.93	1.40
1ก.ถังที่ 2	7.10	34.80	0.65	0.00	1ข.ถังที่ 2	7.78	7.60	0.84	0.80
1ก.ถังที่ 3	7.18	36.00	0.56	0.00	1ข.ถังที่ 3	7.67	11.50	0.93	0.00
2ก.ถังที่ 1	7.30	35.80	0.74	0.00	2ข.ถังที่ 1	7.75	9.40	0.84	0.80
2ก.ถังที่ 2	7.23	37.20	0.74	0.00	2ข.ถังที่ 2	8.30	16.00	1.02	1.52
2ก.ถังที่ 3	7.21	40.20	0.74	0.00	2ข.ถังที่ 3	7.61	12.50	1.12	1.52
3ก.ถังที่ 1	7.32	41.20	0.84	0.05	3ข.ถังที่ 1	7.91	15.50	1.12	2.00
3ก.ถังที่ 2	7.48	43.60	0.65	0.80	3ข.ถังที่ 2	8.25	15.50	1.21	1.20
3ก.ถังที่ 3	7.39	35.40	0.84	0.00	3ข.ถังที่ 3	8.58	11.50	1.02	1.52
4ก.ถังที่ 1	7.58	40.00	0.84	0.05	4ข.ถังที่ 1	8.19	12.00	1.21	1.52
4ก.ถังที่ 2	7.35	45.40	0.74	0.05	4ข.ถังที่ 2	8.51	18.50	1.21	2.40
4ก.ถังที่ 3	7.45	39.80	0.93	0.80	4ข.ถังที่ 3	8.63	18.00	1.12	1.52
5ก.ถังที่ 1	7.73	40.40	1.02	1.20	5ข.ถังที่ 1	8.57	27.50	1.77	2.00
5ก.ถังที่ 2	7.67	44.40	0.93	0.05	5ข.ถังที่ 2	8.26	21.00	1.30	1.52
5ก.ถังที่ 3	7.70	42.30	0.93	0.80	5ข.ถังที่ 3	8.38	20.00	1.40	3.00
6ก.ถังที่ 1	7.76.	45.20	1.02	1.20	6ข.ถังที่ 1	8.44	30.50	1.95	2.80
6ก.ถังที่ 2	7.85	42.4	1.02	1.20	6ข.ถังที่ 2	8.41	27.00	1.86	3.00
6ก.ถังที่ 3	7.88	41.5	0.84	0.05	6ข.ถังที่ 3	8.57	20.50	2.14	2.40

* - หมายถึง ต้นธูปฤาษีตาย

ถัง 1ก. และ 1ข. ชุดควบคุมไม่มีการเติมไอออนโครเมียม

ถัง 2ก. และ 2ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมเท่ากับ 1mg/L

ถัง 3ก. และ 3ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมเท่ากับ 5mg/L

ถัง 4ก. และ 4ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 10 mg/L

ถัง 5ก. และ 5ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 20 mg/L

ถัง 6ก. และ 6ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 50mg/L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียมในน้ำ ต้นธูปฤาษี และดิน ในน้ำเสียก่อนและหลังบำบัด

ชุดการทดลอง	น้ำบ่อ			ชุดการทดลอง	น้ำเสียชุมชน		
	ความเข้มข้นของโครเมียมหลังบำบัด (mg / L)				ความเข้มข้นของโครเมียมหลังบำบัด (mg / L)		
	น้ำ	ธูปฤาษี	ทราย		น้ำ	ธูปฤาษี	ทราย
ก่อนบำบัด หลังบำบัด	0.00	0.00	0.00	ก่อนบำบัด หลังบำบัด	0.00	0.00	0.00
1ก.ถังที่ 1	0.00	0.00	0.00	1ข.ถังที่ 1	0.00	0.00	0.00
1ก.ถังที่ 2	0.00	0.00	0.00	1ข.ถังที่ 2	0.00	0.00	0.00
1ก.ถังที่ 3	0.00	0.00	0.00	1ข.ถังที่ 3	0.00	0.00	0.00
2ก.ถังที่ 1	0.00	0.13	0.25	2ข.ถังที่ 1	0.31	0.31	0.57
2ก.ถังที่ 2	0.00	0.16	0.00	2ข.ถังที่ 2	0.96	0.69	0.55
2ก.ถังที่ 3	0.13	0.16	0.00	2ข.ถังที่ 3	0.14	0.09	0.60
3ก.ถังที่ 1	4.02	-	0.00	3ข.ถังที่ 1	3.67	1.74	0.75
3ก.ถังที่ 2	3.11	-	0.00	3ข.ถังที่ 2	1.79	1.84	0.78
3ก.ถังที่ 3	4.11	-	0.00	3ข.ถังที่ 3	1.34	1.68	0.76
4ก.ถังที่ 1	2.30	-	0.00	4ข.ถังที่ 1	4.22	1.17	0.02
4ก.ถังที่ 2	6.80	-	0.00	4ข.ถังที่ 2	8.44	2.38	1.13
4ก.ถังที่ 3	8.14	-	0.02	4ข.ถังที่ 3	4.30	3.47	0.97
5ก.ถังที่ 1	17.99	-	0.04	5ข.ถังที่ 1	8.68	5.05	0.98
5ก.ถังที่ 2	14.40	-	0.00	5ข.ถังที่ 2	8.83	4.74	1.19
5ก.ถังที่ 3	15.96	-	0.00	5ข.ถังที่ 3	8.83	4.81	1.27
6ก.ถังที่ 1	38.11	-	0.00	6ข.ถังที่ 1	28.38	4.81	1.10
6ก.ถังที่ 2	42.16	-	0.00	6ข.ถังที่ 2	28.25	5.65	1.28
6ก.ถังที่ 3	46.86	-	0.18	6ข.ถังที่ 3	26.74	5.83	1.34

* - หมายถึง ต้นธูปฤาษีตาย

% การสะสมโครเมียม คำนวณจาก $\frac{\text{ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมหลังบำบัด}}{\text{ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมที่เติม}} \times 100$

ถัง 1ก. และ 1ข. ชุดควบคุมไม่มีการเติมไอออนโครเมียม

ถัง 2ก. และ 2ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมเท่ากับ 1mg/L

ถัง 3ก. และ 3ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียมเท่ากับ 5mg/L

ถัง 4ก. และ 4ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 10 mg/L

ถัง 5ก. และ 5ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 20 mg/L

ถัง 6ก. และ 6ข. ความเข้มข้นของไอออนโครเมียม 50 mg/L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้