

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษา

3.1 สถานที่ทำการศึกษาและวิเคราะห์

3.1.1 ระบบบึงประดิษฐ์เป็นระบบน้ำไหลใต้ดิน ก่อสร้าง ณ แปลงทดลองภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2 ห้องปฏิบัติการของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 วัสดุอุปกรณ์

3.2.1 วัสดุอุปกรณ์สำหรับการทดลองขั้นต้นและการทดลองในระบบบำบัด ได้แก่

(1) หญ้าแฝกที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ หญ้าแฝกหอม (*Vetiveria zizanioides*) กลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี

(2) กระจกทดลองเป็นกระบอกทรงสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร จำนวน 216 กระจก

(3) ระบบบึงประดิษฐ์จำลอง ขนาด กว้าง 0.9 เมตร ยาว 4.5 เมตร และสูง 0.3 เมตร จำนวน 3 ระบบ

(4) ดินเป็นดินร่วนปนทราย

(5) น้ำเสียเป็นน้ำเสียจากอุตสาหกรรมชุบโลหะ นำมาเจือจางด้วยน้ำประปาให้มี 3 ระดับความเข้มข้น คือ น้ำเสียโครเมียม 100 % โดยปริมาตร (ไม่มีการเจือจาง) น้ำเสียโครเมียม 50 % โดยปริมาตร และน้ำเสียโครเมียม 25% โดยปริมาตร

(6) อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในการปลูกพืช เช่น เสียม ช้อนปลูก ถังน้ำ เป็นต้น

3.2.2 วัสดุอุปกรณ์สำหรับห้องปฏิบัติการ ได้แก่

(1) ตาชั่งละเอียด สามารถชั่งได้ถึง 0.0001 กรัม

(2) สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer)

(3) พีเอช มิเตอร์ (pH meter)

(4) ตู้อบที่มีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (oven)

- (5) ชุดกลั่นแอมโมเนีย (macro Kjeldahl)
- (6) เครื่องวัดสภาพน้ำไฟฟ้า (conductivity meter)
- (7) เครื่องแก้วต่างๆ เช่น กระจบอกลง บิวเรต ขวดรูปชมพู่ บีกเกอร์ เป็นต้น
- (8) เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชัน สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (AAS)

3.3 วิธีดำเนินการศึกษา

3.3.1 วางแผนการทดลอง

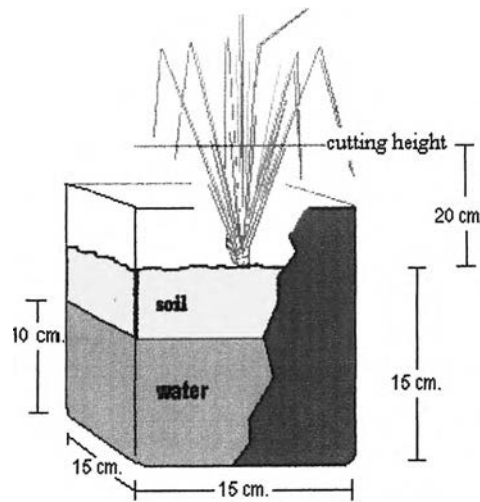
การทดลองแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 การทดลองขั้นต้นในกระถางทดลอง มีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

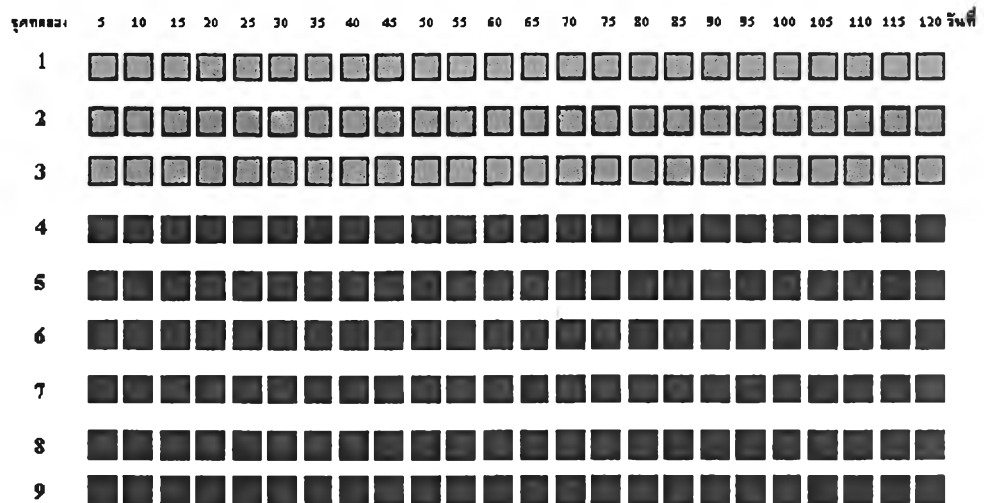
1) การทดลองขั้นต้น ประกอบด้วย 9 ชุดทดลอง ดังตารางที่ 3.1 โดยแต่ละหน่วยทดลอง ประกอบด้วยหญ้าแฝกที่ปลูกในกระถางขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร และสูง 20 เซนติเมตร ใส่ดินร่วนปนทรายสูง 15 เซนติเมตร จากพื้นภาชนะ ดังรูปที่ 3.1 ชุดทดลองละ 24 หน่วยทดลอง รวมทั้งสิ้น 216 หน่วยทดลอง ดังรูปที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ชุดทดลองที่ใช้ในการทดลองขั้นต้น

ชุดทดลอง(treatment)	สิ่งทดลอง
1	ดินร่วนปนทราย + น้ำเสียโครเมียม 100%
2	ดินร่วนปนทราย + น้ำเสียโครเมียม 50%
3	ดินร่วนปนทราย + น้ำเสียโครเมียม 25 %
4	ดินร่วนปนทราย + น้ำเสียโครเมียม 100 % + หญ้าแฝก
5	ดินร่วนปนทราย + น้ำเสียโครเมียม 50 % + หญ้าแฝก
6	ดินร่วนปนทราย + น้ำเสียโครเมียม 25 % + หญ้าแฝก
7	ดินร่วนปนทราย + น้ำเสียโครเมียม 100 % + หญ้าแฝก + ตัดใบ ณ วันที่ 60
8	ดินร่วนปนทราย + น้ำเสียโครเมียม 50 % + หญ้าแฝก + ตัดใบ ณ วันที่ 60
9	ดินร่วนปนทราย + น้ำเสียโครเมียม 25 % + หญ้าแฝก + ตัดใบ ณ วันที่ 60



รูปที่ 3.1 แสดงกระถางทดลองในระหว่างการทดลองขึ้นต้น



หมายเหตุ

- ชุดทดลองที่ 1 ดินร่วนปนทราย + น้ำเสียโครเมียม 100%
- ชุดทดลองที่ 2 ดินร่วนปนทราย + น้ำเสียโครเมียม 50%
- ชุดทดลองที่ 3 ดินร่วนปนทราย + น้ำเสียโครเมียม 25%
- ชุดทดลองที่ 4 ดินร่วนปนทราย + น้ำเสียโครเมียม 100% + หญ้าแฝก + ไม่มีการตัดใบ
- ชุดทดลองที่ 5 ดินร่วนปนทราย + น้ำเสียโครเมียม 50% + หญ้าแฝก + ไม่มีการตัดใบ
- ชุดทดลองที่ 6 ดินร่วนปนทราย + น้ำเสียโครเมียม 25% + หญ้าแฝก + ไม่มีการตัดใบ
- ชุดทดลองที่ 7 ดินร่วนปนทราย + น้ำเสียโครเมียม 100% + หญ้าแฝก + มีการตัดใบ ณ วันที่ 60
- ชุดทดลองที่ 8 ดินร่วนปนทราย + น้ำเสียโครเมียม 50% + หญ้าแฝก + มีการตัดใบ ณ วันที่ 60
- ชุดทดลองที่ 9 ดินร่วนปนทราย + น้ำเสียโครเมียม 25% + หญ้าแฝก + มีการตัดใบ ณ วันที่ 60

รูปที่ 3.2 ลักษณะการจัดวางชุดการทดลองทั้ง 9 ชุดทดลอง

2) เตรียมดินร่วนปนทราย โดยคัดแยกเศษอิฐออก พร้อมวิเคราะห์สมบัติของดินก่อนการทดลอง

3) เตรียมน้ำเสียจากน้ำเสียอุตสาหกรรมชุบโลหะที่ 3 ระดับความเข้มข้นดังนี้

3.1) น้ำเสียโครเมียม 100% โดยปริมาตร คือ น้ำเสียอุตสาหกรรมชุบโลหะปกติ

3.2) น้ำเสียโครเมียม 50% โดยปริมาตร คือ น้ำเสียอุตสาหกรรมชุบโลหะที่เจือจาง 50 % โดยปริมาตร ด้วยน้ำประปา

3.3) น้ำเสียโครเมียม 25% โดยปริมาตร คือ น้ำเสียอุตสาหกรรมชุบโลหะที่เจือจาง 25 % โดยปริมาตร ด้วยน้ำประปา

4) เตรียมหญ้าแฝก โดยแยกกอหญ้าแฝกให้มี 2 ต้นต่อกอ ทำการตัดหญ้าแฝกให้มีความสูง 20 เซนติเมตร และมีความยาวราก 5 เซนติเมตร

5) นำหญ้าแฝกที่ได้ลงปลูกในกระถางที่เตรียมไว้ และให้น้ำกลั่นเป็นเวลา 2 สัปดาห์เพื่อให้หญ้าแฝกปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ แล้วจึงทำการทดลองโดยเติมน้ำเสียโครเมียมจนถึงระดับ 10 เซนติเมตร ในปริมาตรเท่ากันทุกหน่วยทดลอง เป็นจำนวน 2 ครั้ง ณ วันที่ 1 และ 61 และทำการทดลองต่อไปจนกระทั่งครบ 120 วัน

6) เก็บตัวอย่างน้ำในวันที่ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 และ 60 รวม 12 ครั้ง

7) ทำการตัดใบของหญ้าแฝกที่ระดับ 20 เซนติเมตรเหนือพื้นดิน โดยตัด ณ วันที่ 60

หลังจากเริ่มการทดลอง

8) เก็บตัวอย่างน้ำในวันที่ 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115 และ 120 รวม 12 ครั้ง

9) ศึกษาสมบัติของดิน น้ำ และหญ้าแฝก ซึ่งมีพารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

9.1) การศึกษาคุณภาพดิน

การศึกษากฎเกณฑ์ดินได้ศึกษาด้านกายภาพและเคมี โดยทุกพารามิเตอร์ทำการศึกษาในช่วงก่อนและหลังการทดลอง ยกเว้นค่าความเป็นกรด-ด่าง และโครเมียมทั้งหมดได้ทำการศึกษา 12 ครั้ง ตามจำนวนครั้งที่เก็บตัวอย่างดิน ดังตารางที่ 3.2

9.2) การศึกษากฎเกณฑ์น้ำเสีย

การศึกษากฎเกณฑ์น้ำเสียได้ศึกษาด้านกายภาพและเคมีของน้ำเสีย 12 ครั้ง โดยมีพารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ ดังตารางที่ 3.2

9.3) การศึกษาตัวอย่างหญ้าแฝก

การศึกษาหญ้าแฝกได้ศึกษาด้านการเจริญเติบโต มวลชีวภาพ และปริมาณ
 โครเมียม ของหญ้าแฝกทุกครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่างหญ้าแฝก ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์คุณภาพดิน น้ำเสีย และหญ้าแฝกในการทดลองขั้นต้น

พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์	วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์
ดิน เนื้อดิน สภาพนำน้ำ (hydraulic conductivity) ค่าความเป็นกรด - ค่า อินทรีย์วัตถุในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ซัลเฟต ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก โครเมียมทั้งหมด	Hydrometric method Falling head method Electrometric method Walkley and Black method Spectrophotometric method Inorganic sulfate สกัดด้วย NH_4O ที่ pH 7 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer
น้ำ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด - ค่า ความนำไฟฟ้า โครเมียมทั้งหมด	Thermometer Electrometric method Electrometric method เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer
พืช น้ำหนัก ความสูง ขนาดของกอ ความยาวราก โครเมียมทั้งหมด	ชั่งน้ำหนักแห้ง ไม้บรรทัด คาลิเปอร์ ไม้บรรทัด เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

10) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

10.1) หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของทุกชุดข้อมูล

10.2) นำข้อมูลปริมาณโครเมียมในหญ้าแฝกโดยทำการเปรียบเทียบในแต่ละ
 ชุดทดลองโดยวิธี ANOVA เพื่อทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

10.3) หาค่าสมการลำดับหนึ่ง (first-order) ของอัตราการดูดซับ
 โลหะหนักในหญ้าแฝก โดยคำนวณจากความเข้มข้นของสาร ณ เวลาใดๆ เทียบกับความเข้มข้นของ
 สาร ณ เวลาเริ่มต้น (Chapra, 1997 อ้างถึงโดย พิระพัฒน์ ชูกำเนิด, 2544)

$$\text{จากสูตร } C_t = C_0 e^{(-kt)} \text{ เมื่อ}$$

C_t = ความเข้มข้นของโลหะหนัก ณ เวลา t (ppm)

C_0 = ความเข้มข้นของโลหะหนัก ณ เวลาเริ่มต้นในดิน (ppm)

t = เวลา (วัน)

k = ค่าคงที่ในสมการลำดับหนึ่ง (first-order) (ต่อวัน)

$e = 2.718282$

ระยะที่ 2 การทดลองขั้นระบบบำบัดจำลอง มีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1) การทดลองในระบบบำบัดจำลองซึ่งเป็นระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ดิน 3 ชุดทดลอง (ตารางที่ 3.3) แต่ละชุดทดลองเป็นบ่อซิเมนต์ขนาดความกว้าง 0.9 เมตร ยาว 4.5 เมตร สูง 0.3 เมตร และใส่ดินร่วนปนทรายจนถึงระดับ 15 เซนติเมตร

ตารางที่ 3.3 ชุดทดลองที่ใช้ในการทดลองขั้นระบบบำบัดจำลอง

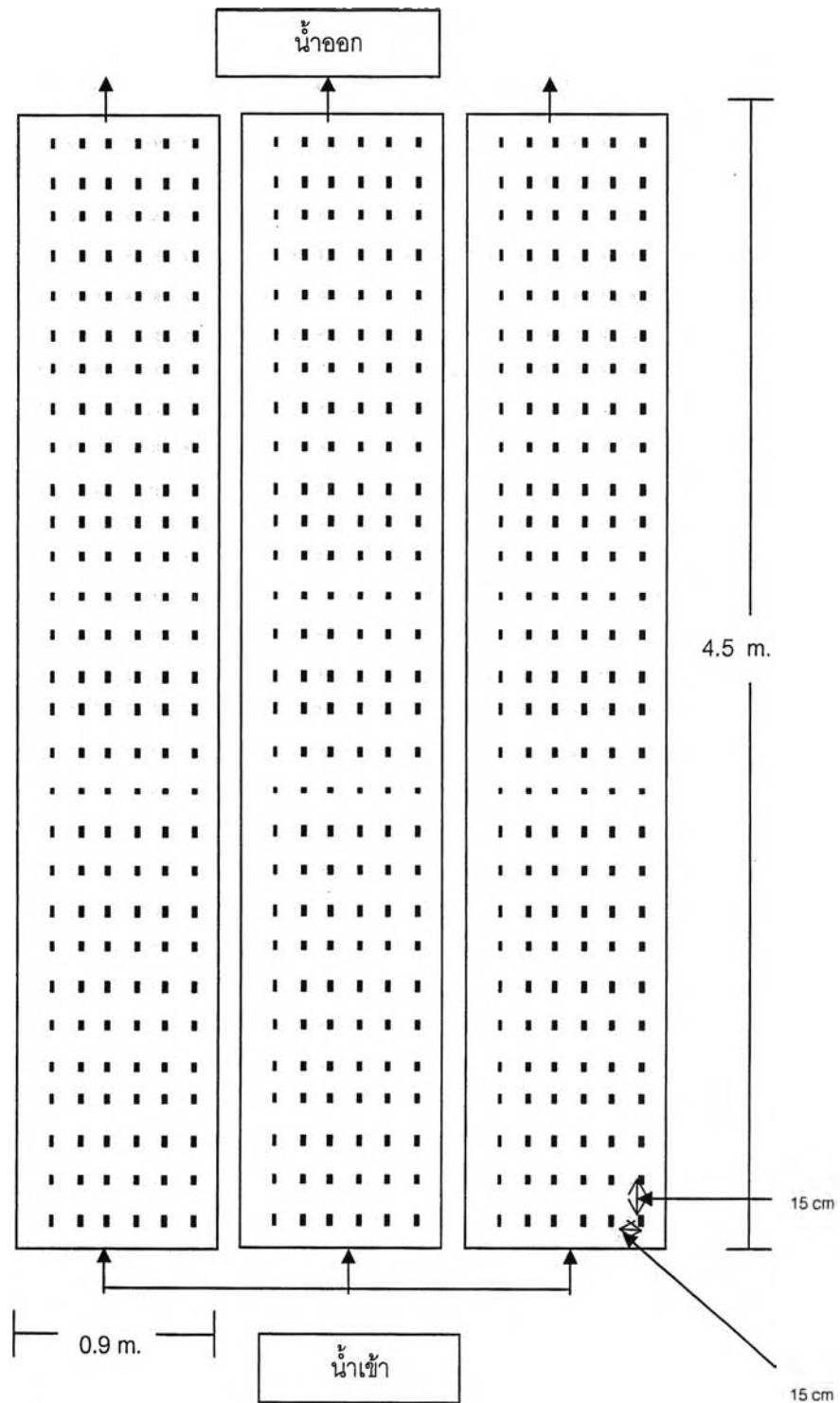
ชุดทดลอง (treatment)	สิ่งทดลอง
1	ดินร่วนปนทราย + น้ำเสียโครเมียม 25%
2	ดินร่วนปนทราย + น้ำเสียโครเมียม 25% + หญ้าแฝก
3	ดินร่วนปนทราย + น้ำเสียโครเมียม 25% + หญ้าแฝก + ตัดใบ ณ วันที่ 60 และ 90

2) นำหญ้าแฝกลงปลูกเว้นระยะห่างจากกัน 15 เซนติเมตร

3) เตรียมน้ำเสียโครเมียม 25% โดยปริมาตร โดยการเจือจางน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมขุบโหลด้วยน้ำประปา ทำการทดลองที่ระดับความสูงน้ำ 10 เซนติเมตร โดยปล่อยน้ำเสียโครเมียมแบบต่อเนื่อง (continuous flow) ทำการตรวจวัดปริมาณน้ำเสียที่เข้า และออกจากระบบ

4) ทำการตัดใบหญ้าแฝกที่ระดับความสูง 20 เซนติเมตรเหนือพื้นดิน ณ วันที่ 60 และ 90 หลังจากเริ่มการทดลอง

5) เก็บตัวอย่างและตรวจวัดสมบัติของน้ำเสียก่อนและหลังผ่านระบบ โดยเก็บตัวอย่างทุกๆ 5 วันจนครบ 120 วัน



รูปที่ 3.3 บึงประดิษฐ์ในการทดลองระบบบำบัดน้ำดื่ม

6) ศึกษาพารามิเตอร์ของ ดิน และหญ้าแฝกดังตารางที่ 3.2 โดยทำการเก็บตัวอย่างดิน และหญ้าแฝก เฉพาะตอนก่อนและหลังการทดลอง

7) วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การบำบัดเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลอง 120 วัน

8) การวิเคราะห์ทางสถิติ

8.1) หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของทุกชุดข้อมูล

8.2) วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคุณภาพน้ำเข้าและน้ำออก ด้วยANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05