บทที่ 2

วิธีการวิจัย

2.1 วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้พืชลอยน้ำคือแหน ในการบำบัดน้ำเสียร่วมกับระบบบ่อบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่เดิม ซึ่งระบบบ่อบำบัดน้ำเสียที่ใช้เป็นของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ระบบบ่อบำบัดนี้ประกอบด้วยบ่อเติมอากาศจำนวน 1 บ่อและบ่อผึ่งจำนวน 1 บ่อ ต่อแบบอนุกรมกันอยู่ ซึ่งในบ่อผึ่งได้ปลูกพืชที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เอาไว้ น้ำเสียที่ไหลเข้าสู่ระบบบำบัดส่วนใหญ่เป็นน้ำเสียที่มาจากหอพักนักศึกษา บ้านพักบุคคลากรและโรงอาหาร ซึ่งน้ำเสียเหล่านี้จะไหลเข้าสู่บ่อเติมอากาศ (ปัจจุบันเครื่องเติมอากาศไม่สามารถใช้ได้แล้ว) ซึ่งเป็นบ่อบำบัดบ่อแรกเพื่อพักน้ำเสียเอาไว้ จากนั้นจึงไหลเข้าสู่บ่อบำบัดที่สองเพื่อทำการบำบัดด้วยพืชลอยน้ำที่ใช้ในการศึกษา น้ำที่เข้าและออกจากระบบบ่อบำบัดน้ำเสียถูกเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ฟิสิกส์และชีววิทยาที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเคมีและสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้แบ่งวิธีการดำเนินงานวิจัยออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกจะเป็นการปลูกพืชลอยน้ำที่ใช้ในการศึกษาลงในระบบบ่อบำบัดน้ำเสียและส่วนที่สองคือการเก็บตัวอย่างน้ำเสียมาวิเคราะห์หาค่าตัวแปรต่าง ๆ ค่าคงที่ทางจลนพลศาสตร์ของการบำบัดน้ำเสีย (reaction rate coefficient) และวิเคราะห์ผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้

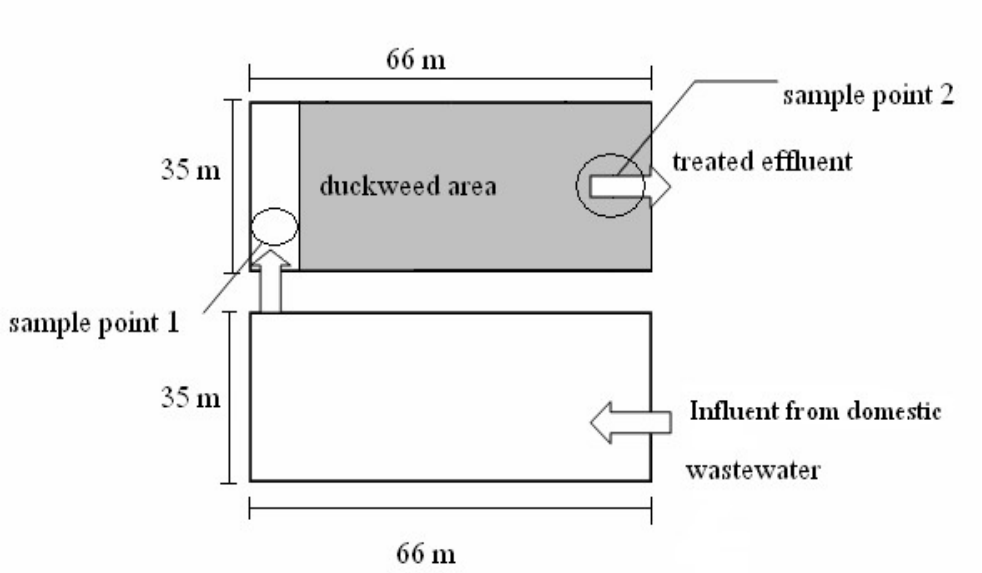
2.1.1 ระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย

ระบบบ่อบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นระบบบ่อบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ประกอบด้วย

- บ่อเติมอากาศจำนวน 1 บ่อ มีลักษณะโครงสร้างเป็นบ่อดิน มีขนาด 35×66×1.4 ลบ.ม. (กว้าง×ยาว×ลึก) ระดับน้ำลึกประมาณ 1 ม. มีเครื่องเติมอากาศจำนวน 2 ตัว ปัจจุบันไม่สามารถใช้ได้แล้ว
- บ่อผึ่งจำนวน 1 บ่อ มีลักษณะโครงสร้างเป็นบ่อดิน มีขนาด 35×66×1.7 ลบ.ม. (กว้าง×ยาว×ลึก) ระดับน้ำลึกประมาณ 1.2 ม. ทั้งสองบ่อเชื่อมต่อแบบอนุกรมกันดังภาพประกอบที่ 2.1

ภาพประกอบที่ 2.1 ระบบบ่อบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

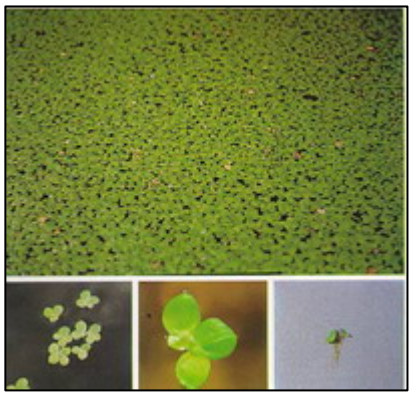
ในงานวิจัยชิ้นนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของแหนร่วมกับระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย ซึ่งจะดำเนินการในบ่อที่สองคือบ่อผึ่งซึ่งได้ปลูกแหนลงไปเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ทิศทางการไหลของน้ำและจุดเก็บตัวอย่างน้ำแสดงดังภาพประกอบที่ 2.2



ภาพประกอบที่ 2.2 ทิศทางการไหลของน้ำ ขนาดของระบบบ่อบำบัดและจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

2.1.2 การปลูกพืช

พืชที่ใช้ในการทำการศึกษาวิจัยครั้งนี้คือแหนดังภาพประกอบที่ 2.3 การปลูกแหนจะปลูกลงในบ่อที่สองโดยปลูกให้ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 90 ของพื้นที่ของบ่อบำบัดน้ำเสีย ซึ่งคิดเป็นพื้นที่ประมาณ 2,300 ตารางเมตร การปลูกแหนสามารถทำได้โดยนำแหนที่มีอยู่แล้วในท้องถิ่นมาขยายพันธุ์ต่อในบ่อบำบัดน้ำเสียดังภาพประกอบที่ 2.5 ลักษณะน้ำเสียที่เข้าระบบบ่อบำบัดน้ำเสียแสดงดังภาพประกอบที่ 2.6

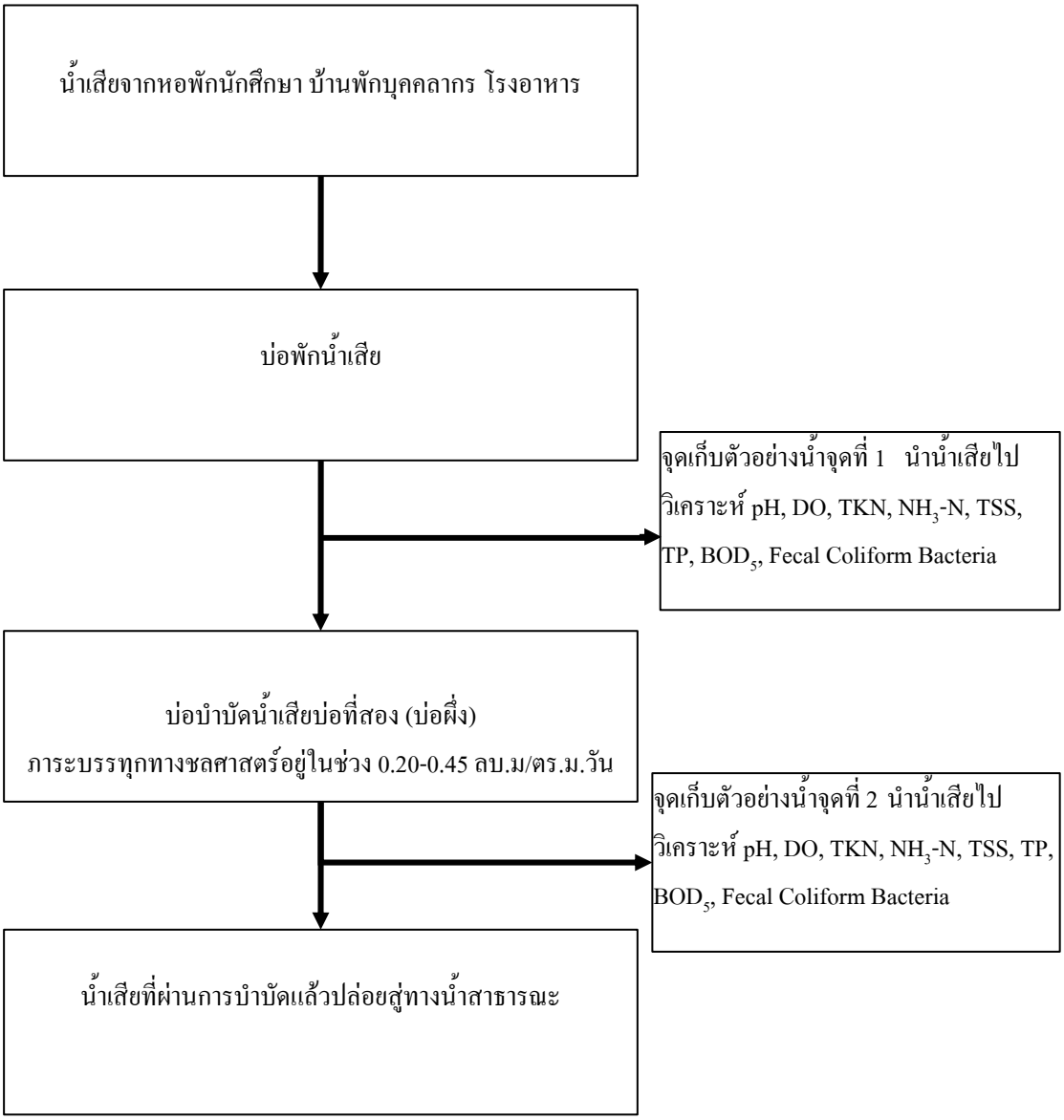


ภาพประกอบที่ 2.3 ชนิดของแหนที่ใช้ในระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย

ลักษณะทั่วไปของแหนที่ใช้ในการศึกษา
ชื่อไทย : แหนเป็ดใหญ่ แหนใหญ่
ชื่อสามัญ : Large duckweed
ชื่อวิทยาศาสตร์ : Spirodella polyrhiza (L.) Schleiden
ชื่อวงศ์ : LEMINACEAE
ลักษณะทั่วไป : เป็นพืชลอยน้ำขนาดเล็ก ลอยตัวเป็นอิสระรวมกลุ่มกันอยู่บนผิวน้ำดังภาพประกอบที่ 2.3 รูปร่างลักษณะคล้ายแหนเป็ดแต่มีขนาดใหญ่กว่า ประกอบด้วยใบรูปร่างค่อนข้างกลม มักติดกันเป็นกลุ่ม 2-5 ใบ ผิวใบเรียบด้านบนมีสีเขียว ด้านล่างสีออกแดง มีรากประมาณ 3-15 เส้น ดอกมีขนาดเล็กออกเป็นช่อ ประกอบด้วยดอกตัวเมีย 1 ดอก ดอกตัวผู้ 2 ดอก ยื่นออกมาจากถุงที่ซอกใบ

2.1.3 การเก็บตัวอย่างและจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

น้ำเสียที่ไหลเข้าและออกจากระบบถูกเก็บตัวอย่างใส่แกลลอนขนาด 5 ลิตร การเก็บตัวอย่างเป็นการเก็บแบบจ้วง (grab sampling) เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าตัวแปรน้ำเสียต่างๆ เช่น บีโอดี แอมโมเนียไนโตรเจน เจลดาลห์ไนโตรเจน ฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเคมีและสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ การเก็บตัวอย่างและการรักษาตัวอย่างน้ำเสียทำตามวิธี APHA, AWWA and WEF (1998) (Standard methods for the examination of water and wastewater/prepared and published jointly by American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation) จุดเก็บตัวอย่างมี 2 จุดคือจุดที่น้ำเข้าระบบและจุดที่น้ำออกจากระบบ ดังภาพประกอบที่ 2.2 และ 2.4 สำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำถ้าไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันทีจะต้องเก็บในห้องเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 4 ^{0}ซ เมื่อต้องการใช้ตัวอย่างจะต้องนำออกจากห้องเย็นแล้วทิ้งไว้ประมาณ 12 ชั่วโมงเพื่อให้อุณหภูมิของน้ำเสียเท่ากับอุณหภูมิห้อง (33-35 ^{0}ซ)



ภาพประกอบที่ 2.4 แผนภาพแสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำและตัวแปรที่ใช้ในการ

(ก) **(ข)**

ภาพประกอบที่ 2.5 (ก) บ่อบำบัดน้ำเสียก่อนปลูกแหนและ (ข) บ่อบำบัดน้ำเสียหลังปลูกแหน

(ก) **(ข)**

ภาพประกอบที่ 2.6 (ก) ลักษณะน้ำเสียจากหอพัก 7 และ 8 ที่ไหลเข้าสู่บ่อบำบัดน้ำเสีย
(ข) ลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่บ่อที่สองเพื่อทำการบำบัดด้วยแหนร่วมกับระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย

2.1.4 วิธีการทดลอง

2.2.1 ขั้นตอนการเตรียมพืช

- นำแหนมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดก่อนที่จะนำไปขยายพันธุ์ต่อในบ่อบำบัดน้ำเสียของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จากนั้นรอให้แหนเจริญเติบโตจนปกคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 90 ของบ่อบำบัดน้ำเสีย

2.2.2 การเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

การเก็บตัวอย่างน้ำเสียใช้วิธีการเก็บแบบจ้วง (grab sampling) จุดเก็บน้ำมี 2 จุด และเก็บน้ำเวลา 11.00 -13.00 น. ของวัน โดยความถี่ในการเก็บตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 2.1

2.2.3 การวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง

นำน้ำเสียมาวิเคราะห์หาค่าตัวแปรต่าง ๆ คือ บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand\BOD), เจลดาลห์ไนโตรเจน (Total Kjeldalh Nitrogen\TKN), แอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia Nitrogen\NH_3-N), ฟอสเฟตทั้งหมด (Total Phosphorus\TP), ของแข็งแขวนลอย (Total Suspended Solid\TSS), พีเอช, อุณหภูมิ เพื่อประเมินหาประสิทธิภาพของระบบตามวิธีที่แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงวิธีการวิเคราะห์หาค่าดัชนีคุณภาพ

ดัชนีคุณภาพ	วิธีการวิเคราะห์	ความถี่ในการวิเคราะห์
Total Kjeldalh Nitrogen/TKN	Persulphate Method (APHA)	สัปดาห์ละครั้งและสัปดาห์ละสองครั้งเมื่อเข้าสู่สถานะคงตัว
Ammonia-Nitrogen/NH_3-N	Phenate Method (APHA)	สัปดาห์ละครั้งและสัปดาห์ละสองครั้งเมื่อเข้าสู่สถานะคงตัว
Total Phosphorus/TP	Acid Digestion Ascorbic Acid (APHA)	สัปดาห์ละครั้งและสัปดาห์ละสองครั้งเมื่อเข้าสู่สถานะคงตัว
Total Suspended Solid/TSS	Filtration-Drying at 103 ^{0}C (APHA)	สัปดาห์ละครั้งและสัปดาห์ละสองครั้งเมื่อเข้าสู่สถานะคงตัว
Temperature	Thermometer	สัปดาห์ละสองครั้ง
pH	pH Meter (APHA)	สัปดาห์ละครั้งและสัปดาห์ละสองครั้งเมื่อเข้าสู่สถานะคงตัว
BOD_5	Azide modification Method or Dilution Method (APHA)	สัปดาห์ละครั้งและสัปดาห์ละสองครั้งเมื่อเข้าสู่สถานะคงตัว
Dissolved Oxygen/DO	Azide modification Method (APHA)	สัปดาห์ละครั้งและสัปดาห์ละสองครั้งเมื่อเข้าสู่สถานะคงตัว
Fecal Coliform Bacteria	MPN Method (APHA)	2 สัปดาห์/ครั้งและสัปดาห์ละครั้งเมื่อเข้าสู่สถานะคงตัว

หมายเหตุ : เก็บตัวอย่างน้ำแบบ grab sampling

: สถานะคงตัวคือสภาพที่น้ำออกจากระบบมีลักษณะค่อนข้างคงที่

2.2.4 นำค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่วัดได้ไปคำนวณหาค่าคงที่ทางจลนพลศาสตร์และประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของแหน

- การคำนวณหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของแหนสามารถหาได้จากสมการที่ 2.1

$$\eta = [(C_0 - C_e)/C_0]\text{X}100 \quad (2.1)$$

เมื่อ η คือ ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของแหน

C_0 คือ ความเข้มข้นของบีโอดีของน้ำเสียก่อนเข้าบ่อบำบัด (mg/L)

C_e คือ ความเข้มข้นของบีโอดีของน้ำเสียหลังออกจากบ่อบำบัด (mg/L)

สำหรับตัวแปรอื่นๆ ของการบำบัดน้ำเสียก็สามารถคำนวณได้ในทำนองเดียวกัน

- การคำนวณหาค่าคงที่ทางจลนพลศาสตร์ของระบบบ่อบำบัดน้ำเสียที่ใช้พืชลอยน้ำในการบำบัดน้ำเสียโดยมีการไหลเป็นแบบต่อเนื่อง

$$C_e/C_0 = \exp(-K_b/q) \quad (2.2)$$

เมื่อ C_e คือ ปริมาณบีโอดีของน้ำเสียหลังผ่านระบบบำบัด (mg/L)

C_0 คือ ปริมาณบีโอดีก่อนเข้าระบบบำบัด (mg/L)

q คือ ภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ (ลบ.ม/ตร.ม.วัน)

K_b คือ ค่าคงที่อัตราการกำจัดสารอินทรีย์ (เมตร/วัน)

และ

$$C_e/C_0 = \exp(-k_d\theta) \quad (2.3)$$

ที่มา: Noemi Ran และคณะ (2004)

เมื่อ C_e คือ ปริมาณฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำเสียหลังผ่านระบบบำบัด (MPN/100 mL)

C_0 คือ ปริมาณฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด (MPN/100 mL)

θ คือ ระยะเวลาเก็บกักน้ำ (วัน)

k_d คือ ค่าคงที่อัตราการตายของฟีคัลคอลิฟอร์มแบคทีเรีย (วัน$^{-1}$)

2.2.5 หาอัตราการเจริญเติบโตและระยะเวลาการเก็บเกี่ยวของแหน

- การหาอัตราการเจริญเติบโตและระยะเวลาการเก็บเกี่ยวของแหนทำได้โดยการหาน้ำหนักเปียก (wet weight) ที่เพิ่มขึ้นต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตร ทุก ๆ 5, 10, 15 วัน

2.2 วัสดุและอุปกรณ์

1. แกลลอนสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำเสียขนาด 5 ลิตร จำนวน 16 แกลลอน
2. พืชที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียในงานวิจัยครั้งนี้คือแหน
3. เครื่องวัดพีเอช ยี่ห้อ ORION รุ่น 420A
4. อุปกรณ์วัดค่าเจลดาลห์ไนโตรเจน
5. เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ยี่ห้อ SHIMADSU รุ่น UV-120-01 สำหรับวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส
6. เครื่องชั่งละเอียด (balance)
    - ยี่ห้อ SARTORIUS ชั่งได้ละเอียด 4 ตำแหน่ง
    - ยี่ห้อ Chyo MJ-300 ชั่งได้ละเอียด 2 ตำแหน่ง
7. ตู้ดูดความชื้น (dessicator)
8. ชุดกรอง (filtration apparatus) สำหรับค่าของแข็งแขวนลอย
9. Hot plate
10. ตู้เพาะเชื้อ (incubator) ยี่ห้อ Sanyo Gallenkamp
11. ตู้อบ (hot dry oven) ของ MEMMERT
12. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ BOD_5, TKN, NH_3-N, TSS, TP และ Fecal coliform
13. เครื่องแก้วและชุดสำหรับไทเตรต
14. ตะเกียงแอลกอฮอล์
15. ห่วงถ่ายเชื้อ (wire loop)
16. กระดาษกรอง GF/C ขนาด 4.7 ซ.ม.
17. ชุดกลั่นแอมโมเนีย
18. เครื่องย่อยสลาย
19. หลอดเพาะเชื้อพร้อมด้วยฝาปิดทำจากพลาสติกชนิด P.P. และหลอดดักก๊าช (Durham tube)