บทที่ 3
แผนงานและการดำเนินการวิจัย

3.1 แผนการทดลอง

การทดลองทั้งหมดกระทำที่ห้องปฏิบัติการวิจัยของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การวิจัยนี้มีตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ

1. ตัวแปรอิสระ
   - ค่าเวลากักน้ำในถังคัดพันธุ์ 3 ค่า คือ 1 , 2 , 4 ชม.
   - ชนิดของถังคัดพันธุ์ 2 ชนิด คือ ออกซิก , แอนนอกซิก

2. ตัวแปรตาม
   - ค่า ซีโอดีรวม และซีโอดีกรอง (COD ; Chemical Oxigen Demand)
   - ค่า ไนเตรต (NO_3^- ; Nitrate)
   - ค่า ความเป็นด่าง (Alkalinity)
   - ค่า ตะกอนแขวนลอย (SS ; Suspended Solid)
   - ค่า พีเอช (pH)
   - ค่า ออกซิเจนละลาย (DO ; Dissolved Oxygen)
   - ค่า โออาร์พี (ORP ; Oxidation Reduction Potential)
   - ค่า V_{30}
   - ค่า ดรรชนีปริมาตรตะกอน (SVI ; Sludge Volume Index)

3. ตัวแปรคงที่

- อัตราการไหลเข้า	15	ลิตร/วัน
- อายุตะกอน	10	วัน
- อัตราหมุนเวียนตะกอน	100%	
- เวลากักน้ำในถังเติมอากาศ	24	ชั่วโมง
- ปริมาณ Na_2SO_3 ที่ให้กับถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก	35.5	มก./ล.
- ปริมาณ $NaNO_3$ ที่ให้กับถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก	1000	มก./ล.

การเติม Na_2SO_3 ในถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิกเพื่อควบคุมระดับออกซิเจนละลายในถังคัดพันธุ์ให้มีค่าต่ำไม่ขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน ส่วนการเติม $NaNO_3$ เพื่อเป็นแหล่งไนเตรตในการเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน

ในงานวิจัยนี้ มีตัวแปรอิสระที่ทำการศึกษาคือ เวลาเก็บกักในถังคัดพันธุ์ และชนิดของถังคัดพันธุ์ โดยทำการทดลองทั้งหมด 6 ชุดซึ่งมีรายละเอียดตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดการทดลอง

การทดลอง	ชนิดของถังคัดพันธุ์	เวลากักน้ำในถังคัดพันธุ์
ชุดที่ 1	แอนนอกซิก	1 ชั่วโมง
ชุดที่ 2	แอนนอกซิก	2 ชั่วโมง
ชุดที่ 3	แอนนอกซิก	4 ชั่วโมง
ชุดที่ 4	ออกซิก	1 ชั่วโมง
ชุดที่ 5	ออกซิก	2 ชั่วโมง
ชุดที่ 6	ออกซิก	4 ชั่วโมง

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 3.2 และในระหว่างการทำการทดลองจะมีการทำความสะอาดถังน้ำเสีย ถังน้ำทิ้ง รวมถึงสายยางทุกวันในการทำการทดลอง (ยกเว้นในวันหยุดราชการ) ส่วนเครื่องสูบน้ำเสียจะมีการทำความสะอาดทุกสัปดาห์ ทั้งนี้เพื่อป้องกันความผิดพลาดซึ่งเกิดจากจุลินทรีย์ที่มีความสามารถอาศัยบนผิวสัมผัสได้

ตารางที่ 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ลำดับ	อุปกรณ์	รายละเอียด	ความจุ
1	ถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก	ทำจากพลาสติกใส	0.625 , 1.25 , 2.5 ลิตร
2	ถังคัดพันธุ์แบบออกซิก	ทำจากพลาสติกใส	0.625 , 1.25 , 2.5 ลิตร
3	ถังเติมอากาศ	ทำจากพลาสติกใส	15 ลิตร
4	ถังตกตะกอน	ทำจากพลาสติก	1.7 ลิตร
5	เครื่องเติมอากาศ	เครื่องเติมอากาศในตู้ปลา	-
6	มอเตอร์	เครื่องกวนพร้อมใบพัด	120 รอบต่อนาที
7	เครื่องสูบตะกอนหมุนเวียน	เพอริสตัล	15 ลิตรต่อวัน
8	เครื่องสูบน้ำเสีย	ไดอะแฟรม	15 ลิตรต่อวัน
9	ถังพักน้ำเสีย	ถังน้ำพลาสติก	60 ลิตร
10	ถังพักน้ำทิ้ง	ถังน้ำพลาสติก	60 ลิตร
11	หัวเติมอากาศ	ชนิดที่ใช้ในตู้ปลา	-

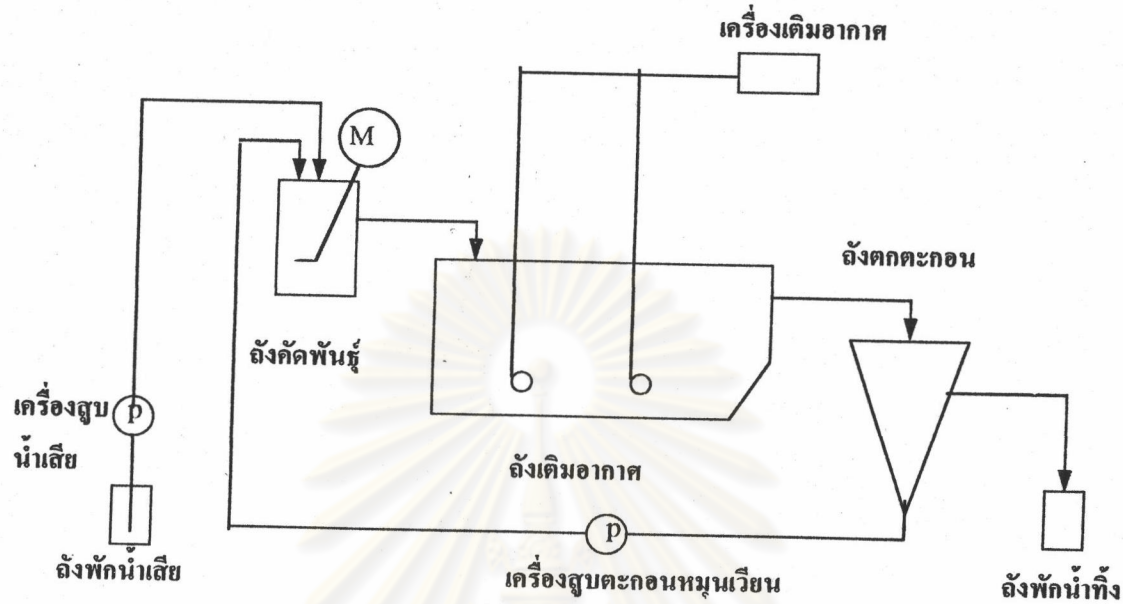
3.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดใช้เวลาประมาณ 6 เดือน โดยมีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งมีการเริ่มทำประมาณเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2538 สิ้นสุดการทำการทดลองประมาณเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2539

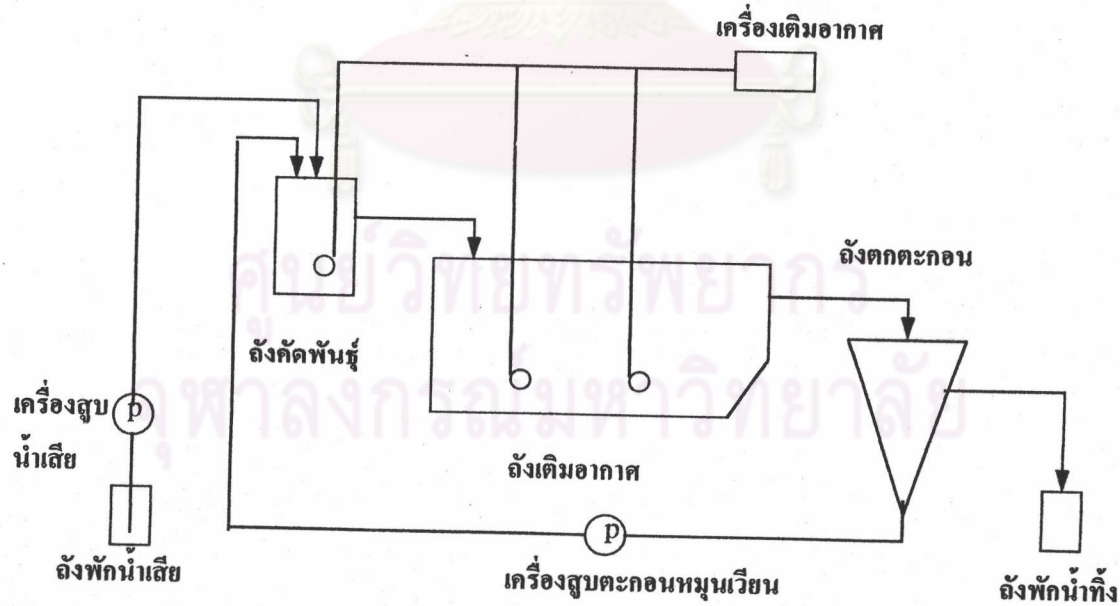
แผนการทดลอง	เดือนที่ 1		เดือนที่ 2		เดือนที่ 3		เดือนที่ 4		เดือนที่ 5		เดือนที่ 6		เดือนที่ 7	
การเตรียมอุปกรณ์														
การทดลองชุดที่ 1														
การทดลองชุดที่ 2														
การทดลองชุดที่ 3														
การทดลองชุดที่ 4														
การทดลองชุดที่ 5														
การทดลองชุดที่ 6														
การทดลอง AS														

รูปที่ 3.1 เวลาในการทำการทดลอง

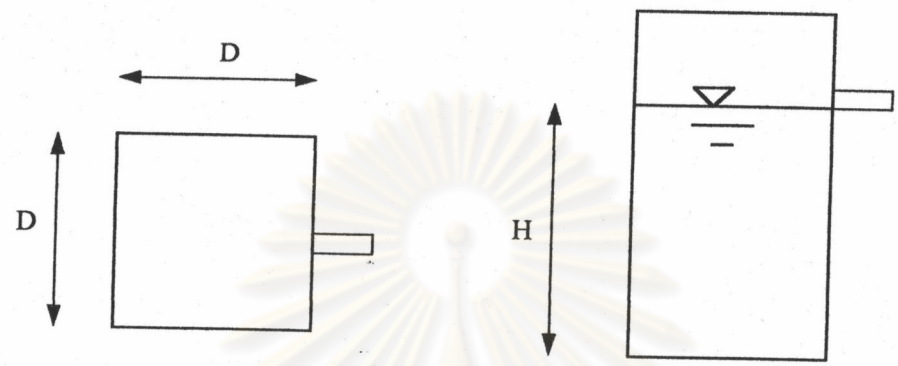
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 รายละเอียดการเดินระบบถังคัดพันธุ์แบบแอนนอกซิก



รูปที่ 3.3 รายละเอียดการเดินระบบถังคัดพันธุ์แบบออกซิก



ด้านบน ด้านหน้า

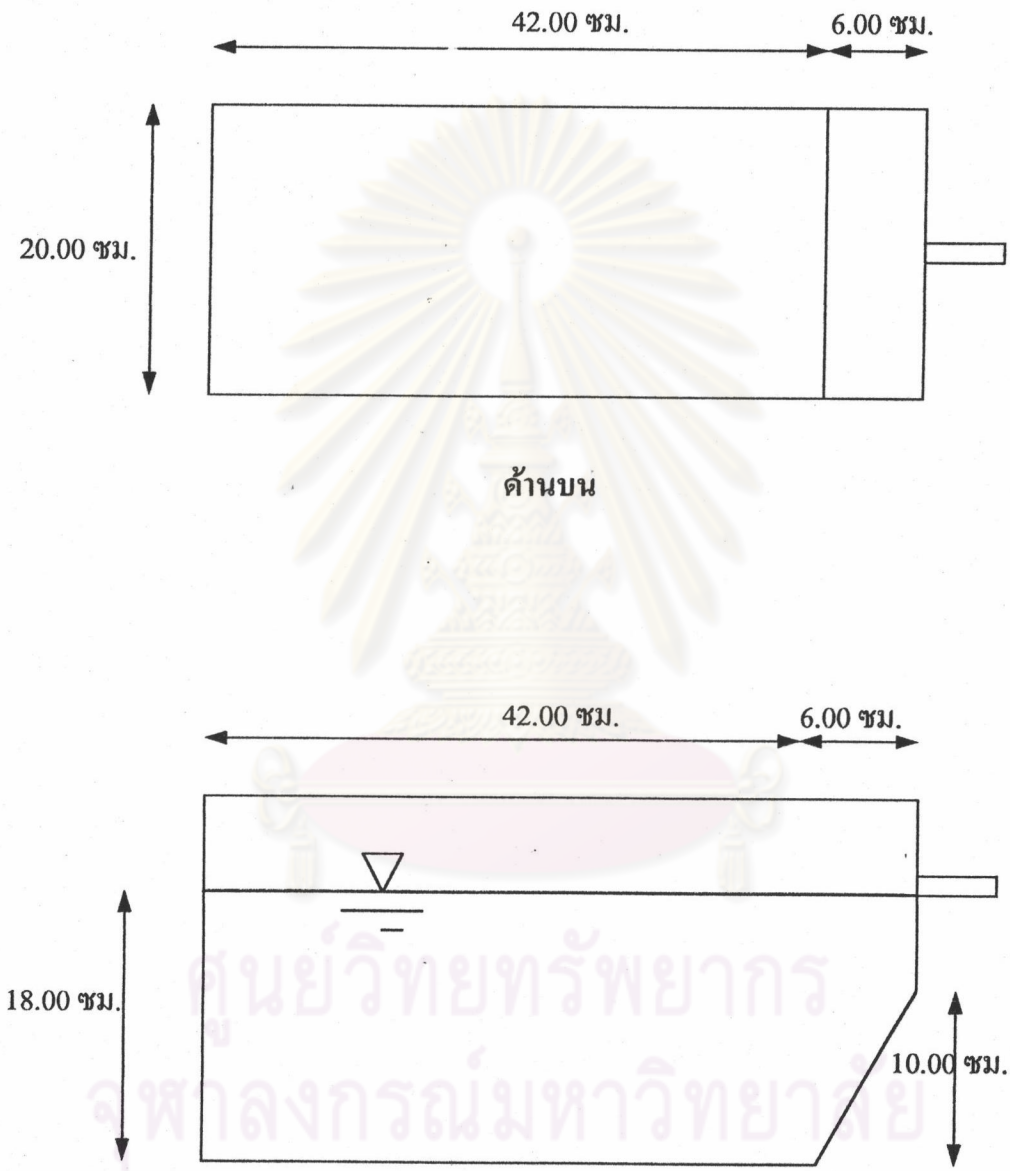
H = ความสูงน้ำ

D = ความกว้างของถังคัดพันธุ์

เวลากักน้ำในถังคัดพันธุ์ (ชั่วโมง)	ความกว้างของถังคัดพันธุ์ (D) (เซ็นติเมตร)	ความสูงน้ำ (H) (เซ็นติเมตร)
4	10	25
2	9	15
1	8	10

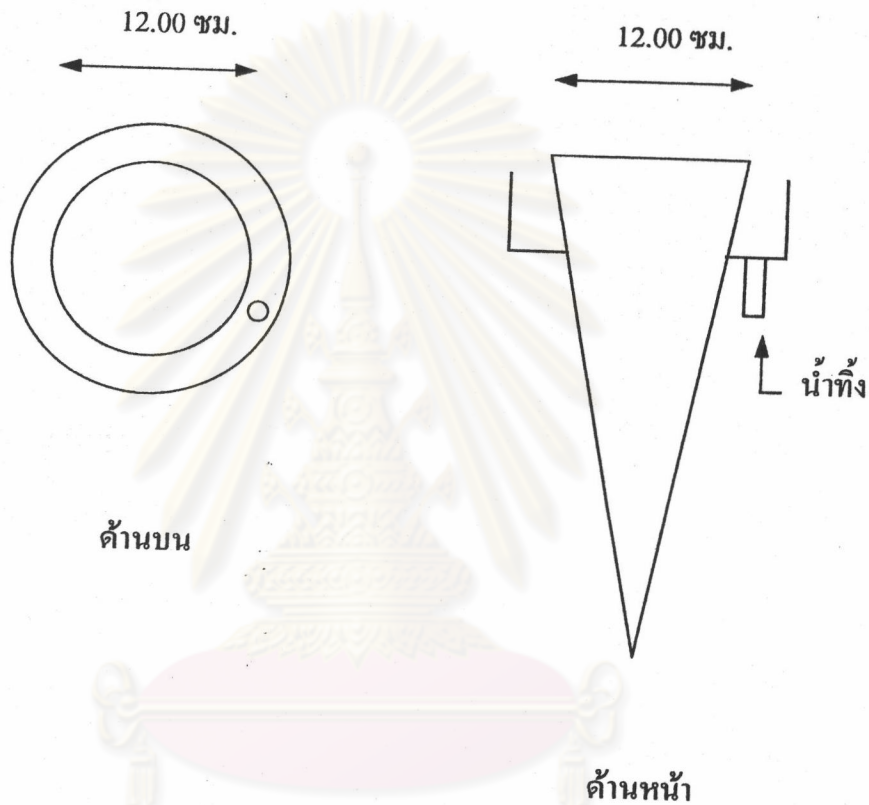
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.4 รายละเอียดถังคัดพันธุ์



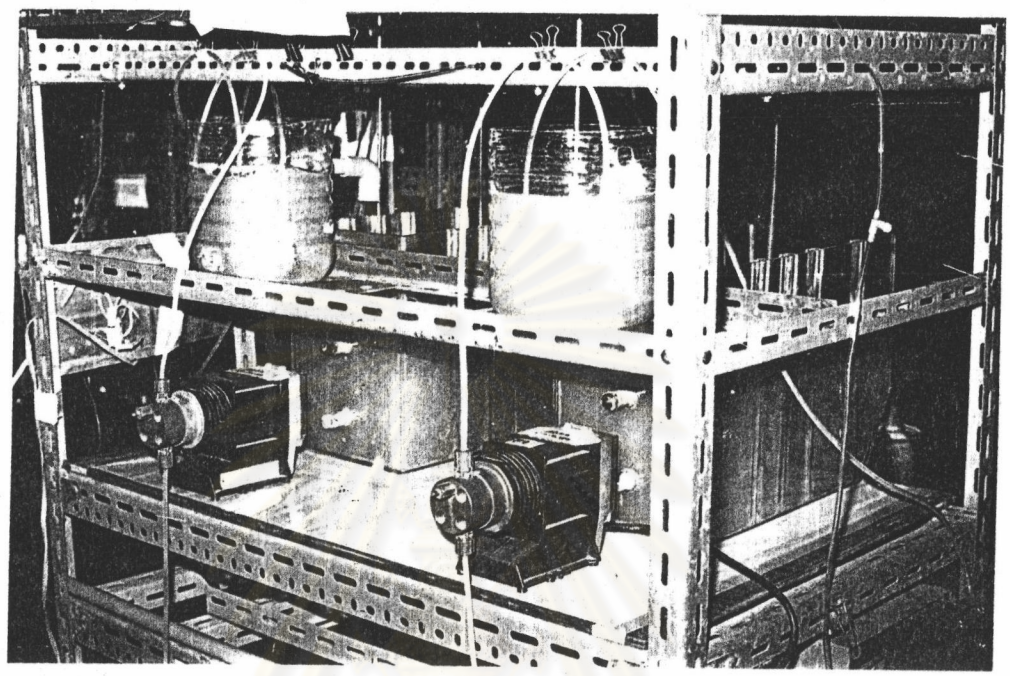
รูปที่ 3.5 รายละเอียดถังเติมอากาศ

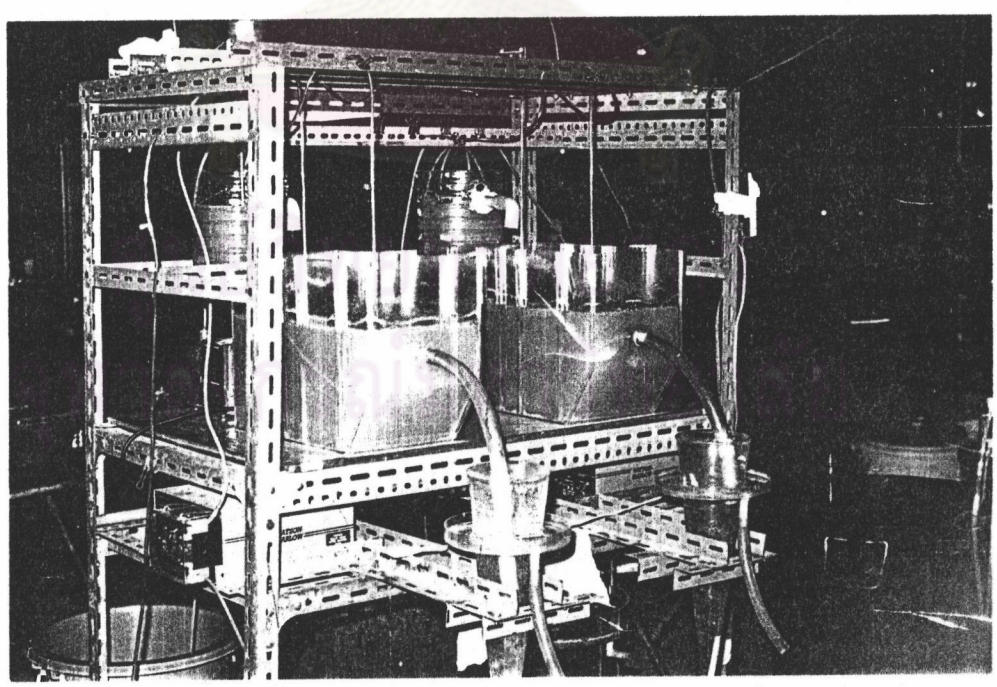
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.6 รายละเอียดถังตกตะกอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 3.7 ระบบถังคัดพันธุ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.4 น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง

น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองนี้มีสารอาหารแร่ธาตุต่างๆที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์อย่างครบถ้วน โดยในการเตรียมน้ำเสียนี้จะมีการการเตรียมในทุกวันทำการทดลองในปริมาณที่เพียงในการใช้ใน 1 วัน เว้นแต่ในกรณีที่มีวันหยุดราชการจะมีการเตรียมไว้ให้เพียงพอในการใช้ในช่วงเวลานั้นเท่านั้น ซึ่งน้ำเสียที่เตรียมนี้จะมีค่าซีโอดีประมาณ 1000 มก./ล. และส่วนประกอบต่างๆมีดังนี้

1. Urea *	100	มก.
2. KH_2PO_4	372.7	มก.
3. $MgSO_4$	56.25	มก.
4. $FeCl_3$	13.12	มก.
5. น้ำตาล	658.6	มก.
6. $NaHCO_3$	400	มก.
7. K_2HPO_4	372.7	มก.
8. น้ำประปาเจือจางและทำให้เป็น	1	ลิตร

* เติมเฉพาะการทดลองชุดที่ 4 , 5 และ 6 (ถังคัดพันธุ์แบบออกซิก)
(ที่มา : ศักดิ์ชัย 2526)

3.5 การเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์

ลักษณะทางเคมีและกายภาพของน้ำที่ต้องการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณตัวแปรเปลี่ยนตาม ได้แก่ อุณหภูมิ,พีเอช,โออาร์พี,ดีโอ,ซีโอดี,ของแข็งแขวนลอย,ไนเตรท,ความเป็นด่าง เอสวี 30 เอสวีไอ และภาพถ่ายจุลินทรีย์ วิธีวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 3.3

เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมีดังต่อไปนี้

- เครื่องวัดพีเอชมิเตอร์ (pH Meter)

เป็นเครื่องวัดพีเอชของ Horiba รุ่น F-13 และสามารถวัดอุณหภูมิของตัวอย่างน้ำได้พร้อมๆกัน

- เครื่องวัดโออาร์พี (ORP Meter)

เป็นเครื่องวัดโออาร์พีของ Kent รุ่น 7000 และใช้โพรบ (Probe) ชนิดซิลเวอร์/ซิลเวอร์คลอไรด์

- เครื่องวัดออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen Meter)

เป็นเครื่องวัดออกซิเจนละลายของ YSI รุ่น 51-B

- เครื่องวัด UV-Spectrophotometer

เป็นเครื่องวัด UV-Spectrophotometer สำหรับใช้ในการวัดไนเตรท เป็นของ Shimadzu รุ่น UV-1201

ตารางที่ 3.3 วิธีวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
อุณหภูมิ	Thermometer Method
pH	Electronic pH meter with glass electrode Method
ORP	Electronic ORP meter with platinum electrode Method
DO	Membrain Electrode Method
COD	Dicromate Closed Reflux Method
SS	Gravimetric Method (Total Residue drying at 103-105°C)
NO_3^-	Ultraviolet Spectrophotometric Method
V_{30}	Settled Volume Method
SVI	Calculate from MLSS & V_{30}
Alkalinity	Titration Method
Microscopic Examination	Microscope

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเก็บตัวอย่างน้ำจะเก็บจากตัวอย่างน้ำก่อนเติมเข้าสู่ระบบและที่ออกจากถังปฏิกรณ์ต่างๆ การเก็บตัวอย่างน้ำจากถังคัดพันธุ์ต้องทำการวิเคราะห์หรือแยกเซลล์ออกทันทีเนื่องจากเวลากักน้ำของถังคัดพันธุ์ต่ำ ค่า ORP จะวิเคราะห์ทันทีที่เก็บตัวอย่างมาโดยกำหนดเวลาแช่โพรบ (probe) ประมาณ 10 นาที เท่ากันตลอดการทดลอง แผนการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำแสดงไว้ในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แผนการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

พารามิเตอร์	น้ำเสีย	ถังคัดพันธุ์	ถังเติมอากาศ	น้ำทิ้ง
อุณหภูมิ	A	A	A	A
pH	A	A	A	A
ORP	A	A	A	A
DO	-	A	A	-
COD ,total	B	-	-	B
COD ,filtered	-	B	-	B
SS	-	B	B	B
NO_3 ,filtered	-	B	-	B
SV_{30}	-	A	A	-
SVI	-	B	B	-
Alkalinity	B	B	-	B
Microscopic Examination	-	C	C	-

หมายเหตุ

A หมายถึง ตัวแปรตามที่วิเคราะห์ทุกวัน

B หมายถึง ตัวแปรตามที่วิเคราะห์ทุกวันจันทร์,พุธ,ศุกร์

C หมายถึง ตัวแปรตามที่วิเคราะห์ทุก 1 ชุดการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6 การดูแลรักษาและควบคุมระบบ

การดูแลรักษาระบบนั้น ประกอบด้วยการดูแลรักษาความสะอาดของถังปฏิกิริยาตลอดจนอุปกรณ์ต่างๆให้อยู่ในสภาพที่สะอาด เพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆเช่น เชื้อรา เกิดขึ้นภายในระบบ เนื่องจากเชื้ออื่นๆเหล่านี้ อาจขัดขวางการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ในระบบได้ การดูแลรักษาระบบ ทำโดยการทำความสะอาดในถังปฏิกิริยาไม่ให้มีเมือก (Slime) เกาะติดอยู่ข้างถังปฏิกิริยา ใบพัด หัวเติมอากาศ และภายในท่อหมุนเวียนตะกอน โดยใช้แปลงขัดที่บริเวณ ถังปฏิกิริยา ใบพัด หัวเติมอากาศ ทุกวัน และเปลี่ยนท่อหมุนเวียนตะกอนทุก 7 วัน นอกจากในถังปฏิกิริยาและท่อหมุนเวียนตะกอนแล้ว ภายในถังพักน้ำเสียต้องล้างถังทุกครั้งที่มีการเตรียมน้ำเสีย (ทุกวัน) และท่อสูบน้ำเสียจะต้องเปลี่ยนทุก 3 วัน เช่นเดียวกับท่อหมุนเวียนตะกอน

การควบคุมระบบนั้น ประกอบด้วยการควบคุมหลายด้าน ดังต่อไปนี้

3.5.1 การควบคุมการไหล

อัตราการไหลที่ต้องควบคุมประกอบด้วย อัตราการไหลเข้าสู่ระบบของน้ำเสียและอัตราการหมุนเวียนตะกอน ซึ่งเท่ากับ 15 ลิตรต่อวัน การควบคุมอัตราการไหลของน้ำเสีย ทำได้โดยสังเกตอัตราการลดลงของน้ำเสียในถังพักน้ำเสียเทียบกับเวลา 1 วัน ว่าได้ 15 ลิตรตามที่ตั้งเครื่องสูบน้ำไว้หรือไม่ ถ้าอัตราการลดลงผิดไปจาก 15 ลิตร ให้ทำความสะอาดเครื่องสูบน้ำ แต่ถ้าอัตราการลดลงยังคงผิดไปให้ทำการตั้งเครื่องสูบน้ำใหม่ ส่วนการควบคุมอัตราการหมุนเวียนตะกอนนั้น ให้ทำการตรวจสอบโดยวิธีวัดปริมาตรการไหลของเครื่องสูบตะกอนหมุนเวียนต่อระยะเวลาสั้นๆ เช่น 5 นาที หลายๆครั้ง เพื่อตรวจสอบอัตราการไหล โดยต้องตรวจสอบอย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง ทั้งนี้ต้องไม่ลืมว่า ท่อสูบน้ำเสียต้องเปลี่ยนใหม่ทุกๆ 3 วัน และท่อหมุนเวียนตะกอนต้องเปลี่ยนใหม่ทุกๆ 7 วัน เพื่อป้องกันการอุดตัน ซึ่งจะทำให้อัตราการไหลผิดพลาดได้

3.5.2 การควบคุมอายุตะกอน

การควบคุมอายุตะกอนให้ได้ 10 วันตามที่กำหนดไว้นั้น ทำได้โดยการระบายน้ำและตะกอนแขวนลอยออกจากระบบโดยตรง โดยจะระบายออกจากถังคัดพันธุ์และถังเติมอากาศ ปริมาณน้ำและตะกอนแขวนลอยที่ทิ้งในแต่ละวันสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$F_w = \{(XV / SRT) - F_0X_e\}/(X - X_e) \quad (3.1)$$

เมื่อ F_w = ปริมาณของน้ำและตะกอนแขวนลอยที่ทิ้งออกจากระบบ

F_0 = อัตราการสูบน้ำเสียเข้าสู่ระบบ เท่ากับ 15 ลิตรต่อวัน

SRT = ค่าอายุตะกอน เท่ากับ 10 วัน

X = ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยในระบบ , มก./ล.

X_e = ความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยที่ไปกับน้ำออก , มก./ล.

V = ปริมาตรถังปฏิกิริยา , ลิตร

จากสมการที่ 3.1 เห็นได้ว่า ถ้า X_e มีค่าน้อยมากๆ เมื่อเทียบกับ X สมการ 3.1 จะสามารถลดรูปได้อย่างง่ายได้ดังนี้

$$F_w = (XV / SRT)/X \quad (3.2)$$

อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ X_e มีค่าสูงอย่างมีนัยสำคัญ เช่นสูงกว่า 20 มก./ล. การคำนวณหา F_w ต้องคำนวณจากสมการที่ 3.1 เท่านั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย