

บทที่ ๔

วิธีการทดลองและวิจัย

การทดลองครั้งนี้ได้แบ่งออกเป็น ๒ ขั้นตอนด้วยกันคือ

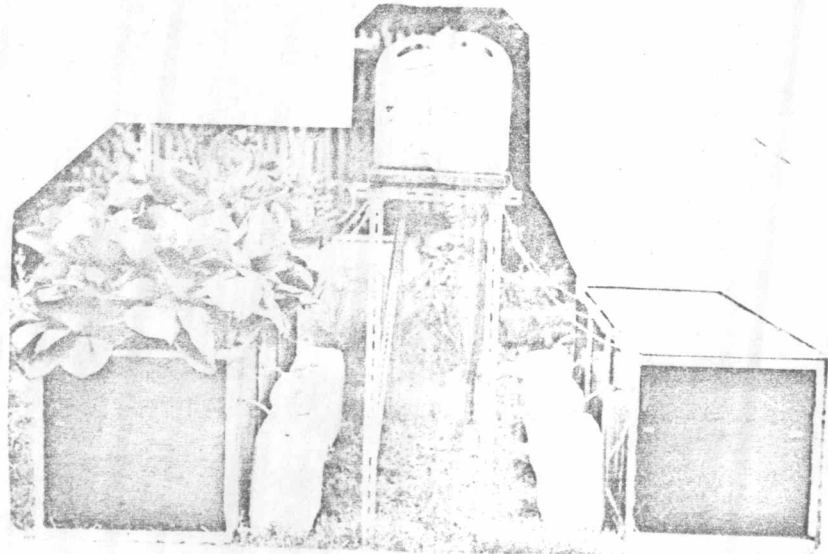
ก. ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการระเหยของน้ำที่ไม่มีฝักตบชาวปกคลุมและการระเหยของน้ำที่มีฝักตบชาวปกคลุม ได้เริ่มดำเนินการทดลองตั้งแต่วันที่ ๑ มีนาคม ๒๕๖๔ ถึงวันที่ ๓๐ เมษายน ๒๕๖๔ รวม ๖๑ วัน

ข. ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการศึกษาเบื้องต้นในการกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนในบ่อหมักที่ไม่มีฝักตบชาวปกคลุม และการกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนในบ่อหมักที่มีฝักตบชาวปกคลุม โดยใส่ความเข้มข้นในขนาดต่าง ๆ กันและได้เริ่มดำเนินการทดลองตั้งแต่วันที่ ๑๔ พฤษภาคม ๒๕๖๔ ถึงวันที่ ๑ สิงหาคม ๒๕๖๔ รวม ๘๐ วัน

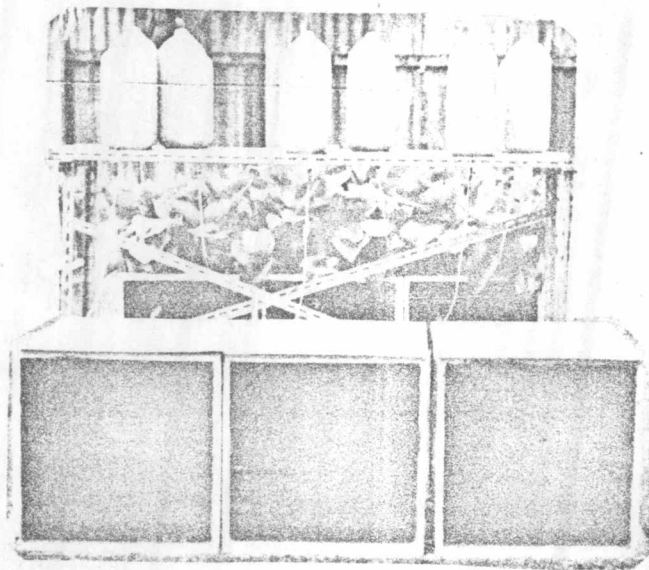
๔.๑ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและวิจัย ในการดำเนินงานทดลองและวิจัยครั้งนี้ ใช้บ่อหมักเป็นแบบขนาดต้นแบบ (Pilot scale) ซึ่งมีส่วนประกอบตามรูปภาพที่ ๒๔ และ ๓๐ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

๔.๑.๑ บ่อหมักสำหรับใช้ทดลอง (Pilot scale anaerobic pond)

เป็นกระจกชนิดใสมีความหนา ๒ มิลลิเมตร โดยใช้สังกะสีแข็งเป็นตัวประกอบโครงร่าง เป็นถังรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ตามรอยต่อระหว่างกระจกที่ทำมุมชนกันยาด้วยชั้น และยาทับด้วย Silicone rubber aquarium repair sealer เป็นการป้องกันมิให้น้ำซึมผ่านได้ และทนต่อการรับน้ำหนักของน้ำได้อย่างดี ขนาดของบ่อทดลองมีความกว้าง, ยาว และสูง ๖๐ ซม. ระหว่างกึ่งกลางบ่อใช้แผ่นกระเบื้องเซรามิกติดกันกลางถึงออกมาประมาณ ๓๐ ซม. ทำให้ถังแบ่งออกเป็น ๒ ส่วนของถังถัง รอยต่อระหว่างกระจกกับแผ่นเซรามิกใช้ยาด้วย Silicone rubber aquarium repair sealer เช่นเดียวกัน การกระทำเช่นนี้ก็เพื่อป้องกันมิให้เกิดการรั่วซึม



รูปที่ ๒๙ ลักษณะบ่อหมักและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ ๓๐ ลักษณะบ่อหมักด้านข้างของบ่อทดลองและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

(Short circuit) ของน้ำเสียที่ไหลลงไป ซึ่งทำให้ระยะทางของบ่อหมักยาวมากขึ้นด้วย และจากระดับพื้นกันบ่อทดลองสูงขึ้นมาประมาณ ๔๐ ซม. ได้เจาะรูขนาด ๖ มิลลิเมตรเพื่อใช้เป็นทางออกของน้ำทิ้ง (Effluent) รูที่เจาะนี้อยู่ระหว่างกึ่งกลางของแผ่นเซลโลกริต กับขอบของบ่อทดลอง ซึ่งเป็นด้านเดียวกับทางน้ำเข้า (Influent) แต่อยู่คนละขอบถึง รูที่เจาะนั้นใช้แก้วมีรูสามทางใส่ไว้ และต่อด้วยท่อสายยางชนิดอ่อน เมื่อน้ำทิ้งจากบ่อล้นออกมาก็จะไหลลงสู่ถังรับน้ำทิ้ง สำหรับการทดลองครั้งนี้ ใช้บ่อทดลองจำนวนทั้งหมด ๖ บ่อ และได้ใส่น้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นที่มีความเข้มข้นขนาด ๕ ปอนด์ ซีไอดี./ ๑๐๐๐ ฟุต^๓/วัน, ๑๐ ปอนด์ ซี ไอดี./ ๑๐๐๐ ฟุต^๓/วัน และ ๑๕ ปอนด์ ซีไอดี./ ๑๐๐๐ ฟุต^๓/วัน ในแต่ละบ่อมีความจุ ๑๓๕ ลิตร บ่อหมักทั้ง ๖ บ่อวางอยู่บนพื้นไม้ที่อยู่ระดับเดียวกันบนพื้นดิน เรียงกันเป็น ๒ แถว ๆ ละ ๓ บ่อ แถวที่หนึ่งไม้ใส่ฝักถบขวาให้เป็นบ่อควบคุม และแถวที่สองใส่ฝักถบขวาในแต่ละตู้จะใส่ความเข้มข้นของน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้น แบ่งเป็น ๓ ชุด

๔.๑.๒ ถังบรรจุน้ำเสียและส่วนประกอบในการใส่น้ำเสีย (Water polluted tanks and feeding apparatus) สำหรับการใส่น้ำเสียลงสู่บ่อหมักทดลองประกอบไปด้วยถังพลาสติกสีขาวขนาดความจุประมาณ ๑๕ ลิตร เจาะรูมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด ๔ มิลลิเมตร ที่ก้นถังและใช้ท่อพลาสติกชนิดแข็งใส่เข้าไปยึดด้วยกาวให้แน่น ท่อพลาสติกดังกล่าวมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด ๒ มิลลิเมตร แล้วใช้ท่ออย่างชนิดอ่อนต่ออีกครั้งหนึ่ง จากท่ออย่างชนิดอ่อนต่อกับท่อพลาสติกสำหรับให้น้ำเกลือ (เข็ทเครื่องมือให้น้ำเกลือแบบพลาสติกสำหรับคนไข้) ซึ่งมีกระเปาะสำหรับสังเกตการหยดของน้ำเสีย สายยางให้น้ำเกลือต่อจากกระเปาะลงมาเป็นพลาสติกที่มีตัวปรับ เพื่อให้น้ำเสียไหลเร็วหรือช้าได้ตามต้องการ การใส่น้ำเสียใช้แบบ Gravity flow ซึ่งได้ยกระดับขึ้นสูงจากระดับบนบ่อหมักทดลองประมาณ ๖๐ ซม. และสูงจากพื้นดินประมาณ ๑๒๐ ซม. ตามรูปที่ ๒๔ และ ๓๐

๔.๑.๓ ถังรับน้ำเสียที่ได้กำจัดแล้ว (Effluent tanks) เป็นถัง

พลาสติกสีขาวขนาดความจุ ๒๐ ลิตร ตามรูปที่ ๒๔ และ ๓๐

๔.๒ น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง (Raw waste) น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียแบบที่สังเคราะห์ขึ้น (Synthetic waste) โดยใช้ น้ำตาลทรายขาวหนัก ๑ กรัม จะมีค่า COD. ประมาณ ๑๐๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร และประกอบไปด้วยสารไนโตรเจน ซึ่งได้จาก ยูเรีย (Urea 46 % Nitrogen) สารฟอสฟอรัส ซึ่งได้จากโพแทสเซียม ไคไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4 23 % Phosphorus) และโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) เป็น Buffer ในการช่วยรักษาระดับ pH. ให้อยู่ในค่าที่เหมาะสม เพื่อให้การกำจัดน้ำเสียได้ผลสมบูรณ์ ปริมาณอาหารเสริมสร้างคิดเทียบ ซีโอดี. ของน้ำเข้าโดยมีสัดส่วน COD:N:P= ๑๐๐:๒.๐:๐.๖ (พรประภา และ ดันฑุลเวทย์ ๒๕๑๔) สำหรับในการทดลองครั้งนี้ใช้สัดส่วน COD:N:P = 100:2.0:0.5 ตามตารางที่ ๒๑

สำหรับความเข้มข้นที่ใส่ในบ่อหมักจัดเป็นคู่ ๆ ประกอบด้วยบ่อหมักที่ไม่มีผักตบชวาปกคลุมและมีผักตบชวาปกคลุมดังกล่าวมาแล้ว คู่แรกใช้ความเข้มข้น ๔ ปอนด์ ซีโอดี. / ๑๐๐๐ ฟุต^๓/วัน หรือประมาณ ๑๑๔ มิลลิกรัม ซีโอดี./ลิตร/วัน หรือ ๑๔๕๒๔ มิลลิกรัม ซีโอดี. / ๑๓๔ ลิตร/วัน คู่ที่สองใช้ความเข้มข้น ๑๐ ปอนด์ ซีโอดี. / ๑๐๐๐ ฟุต^๓/วัน หรือประมาณ ๒๓๐ มิลลิกรัม ซีโอดี./ลิตร/วัน หรือ ๓๑๐๕๐ มิลลิกรัม ซีโอดี. / ๑๓๔ ลิตร/วัน คู่ที่สามใช้ความเข้มข้น ๑๔ ปอนด์ ซีโอดี./ ๑๐๐๐ ฟุต^๓ / วัน หรือประมาณ ๓๔๕ มิลลิกรัม ซีโอดี. / ลิตร / วัน หรือ ๔๖๔๗๕ มิลลิกรัม ซีโอดี. / ลิตร/วัน น้ำเสียที่นำมาใช้เติมลงในบ่อทดลองใช้น้ำเสียครั้งละ ๑๕ ลิตรต่อวัน ระยะเวลาการกักน้ำเสียเท่ากับ ๔ วัน (HRT) ดังแสดงไว้ในตารางที่ ๒๒

๔.๓ แผนการทดลอง (Experimental program) สำหรับในการทดลองครั้งนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น ๒ ระยะด้วยกันคือ

ระยะที่ ๑ ของการทดลองมุ่ง ศึกษาถึงอัตราการระเหยของน้ำที่ไม่มีผักตบชวาปกคลุม และการระเหยของน้ำที่มีผักตบชวาปกคลุมจากบ่อ ๒ บ่อใน



ตารางที่ ๒๑ ส่วนประกอบของน้ำเสียเทียม (Synthetic waste)

สารประกอบน้ำเสีย	(มก/ล)
น้ำตาล (Sucrose)	๑,๐๐๐
ยูเรีย (Urea 46 % N)	๔๓.๕
โปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4 23 % P)	๒๒.๐
โซเดียมไบคาร์บอเนต ($Na HCO_3$)	๕.๕
COD : N : P = ๑๐๐ : ๒.๐ : ๐.๕	

ตารางที่ ๒๒ ความเข้มข้นของน้ำเสีย ระยะเวลาการกักน้ำเสีย (HRT) และ Organic loading ที่ใส่ในบ่อหมักทดลอง

Influent COD มก/ล	Flow rate ล/วัน	ระยะเวลาการกักน้ำเสีย (HRT)	Organic Loading BOD ปอนด์/๑๐๐๐ ฟุต ^๓ /วัน	ชนิดของบ่อหมัก
๑๐๓๔	๑๔	๕	๕	บ่อควบคุม.
๑๐๓๔	๑๔	๕	๕	ใส่ผักตบชวา.
๒๐๗๐	๑๔	๕	๑๐	บ่อควบคุม
๒๐๗๐	๑๔	๕	๑๐	ใส่ผักตบชวา
๓๑๐๕	๑๔	๕	๑๕	บ่อควบคุม
๓๑๐๕	๑๔	๕	๑๕	ใส่ผักตบชวา

สิ่งแวดล้อมเดียวกัน แล้วนำผลการระเหยของน้ำมา เปรียบ เทียบกันว่ามีความแตกต่าง
กันมากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ยังได้ศึกษาถึงสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความ
ชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น ซึ่งจะได้นำกล่าวถึงรายละเอียดในการทดลองต่อไป

ระยะที่ ๒ ของการทดลองในระยะที่สองนี้เป็นการศึกษาถึงความสามารถของ
บ่อหมักที่มีผักตบชวาปกคลุม และบ่อหมักที่ไม่มีผักตบชวาปกคลุมในการลดค่าของ ซีไอดี,
ซีไอดี, ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และค่าสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ได้แก่ พีเอช. และค่าความ
เป็นด่าง ของน้ำเสียที่ส่งเคราะห์ขึ้นในความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ดังได้กล่าวมาแล้วและ
จะได้นำผลการทดลองรายงานให้ทราบต่อไป

๔.๓.๑ ตัวแปรอิสระ (Independent variable)

๑. ระยะเวลาการกักน้ำเสีย (Hydraulic retention time)
หรือ HRT มีอยู่ระยะเดียวคือ ๔ วัน
๒. ความเข้มข้นของ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ใส่ลงในน้ำเสียเป็น
ค่าคงที่ และใส่ลงไปเป็นจำนวนมากเกินพอสำหรับแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน ดังแสดง
ไว้ในตารางที่ ๓๒
๓. ความเข้มข้นของน้ำเสีย (COD. Concentration) จะมีค่า
ซีไอดี. ประมาณ ๑๐๓๕ มิลลิกรัม, ๒๐๗๐ มิลลิกรัม, และ ๓๑๐๕ มิลลิกรัมต่อลิตรต่อวัน
๔. ปริมาณน้ำเสียที่ใส่ในบ่อทดลอง ๑๕ ลิตรต่อวัน

๔.๓.๒ ตัวแปรตาม (Dependent variable)

ได้แก่ พีเอช.สภาพความเป็นด่าง ซีไอดี.ซีไอดี.ขั้นสุดท้ายประมาณ
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total - N as $\text{NH}_3 - \text{N}$) และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด
(Total - P as $\text{PO}_4 =$) ในน้ำตัวอย่างที่เก็บจากน้ำทิ้ง รวมทั้งหมด ๖ บ่อ ที่แสดง
ถึงประสิทธิภาพการทำงานของบ่อหมัก

สำหรับอุณหภูมิในการทดลองและวิจัยครั้งนี้ ใช้อุณหภูมิของบริเวณที่ทำการ
ทดลองคือ กลางแจ้งที่บ้านเลขที่ ๑๑/๑ ถนนสามพระยา เขตพระนคร กรุงเทพฯ

ซึ่งไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระหว่างการทดลองตั้งแต่ ๓๑ - ๓๖.๓ องศาเซลเซียส (ได้จากการเก็บสถิติอุณหภูมิของกรมอุตุนิยม กรุงเทพฯ) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่างกัน ๕.๓ องศาเซลเซียสซึ่งนับว่ามีน้อยมากและปฏิกิริยาที่จะเกิดขึ้นสำหรับในระหว่างอุณหภูมิตั้งกล่าวจะเป็นแบคทีเรียชนิด Mesophilic bacteria เพราะ เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง ๓๐ - ๓๕ องศาเซลเซียส (ไช้เกษ, ๒๕๑๔)

๔.๔ การเก็บผล, การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง

การทดลองระยะแรกเป็นการทดลองเพื่อหาอัตราการระเหยของน้ำจากบ่อสี่เหลี่ยมไว้จำนวน ๒ บ่อ บ่อแรกเป็นบ่อที่ไม่มีฝักตบชวาปกคลุมสำหรับเป็นบ่อควบคุม บ่อที่สองเป็นบ่อที่ใส่ฝักตบชวาปกคลุม ใส่น้ำลงไปให้ถึงรูที่เจาะไว้ทั้งสองบ่อ เพื่อเป็นการป้องกันมิให้น้ำเกินระดับที่กำหนดไว้และจะทำการจดบันทึกการระเหยของน้ำทั้งสองบ่อทุก ๆ ๒๔ ชั่วโมง อ่านค่าเป็นเซนติเมตร หลังจากอ่านค่าแล้วเติมน้ำให้ได้ระดับเดิมเมื่อครบ ๒๔ ชั่วโมง จะทำการจดบันทึกการระเหยไว้เช่นนี้ทุก ๆ วัน ตั้งแต่วันที่ ๑ มีนาคม ถึง ๓๐ เมษายน ๒๕๑๔ สำหรับค่าสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ได้แก่อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์ ได้รับความกรุณาจากกรมอุตุนิยมวิทยา และจะได้รายงานผลการทดลองต่อไป

การทดลองในระยะที่สอง เป็นการเก็บน้ำตัวอย่างจากน้ำทิ้งของน้ำเสียจากบ่อหมักที่ใช้ทดลองจำนวน ๖ บ่อ ประมาณ ๗๕๐ มิลลิลิตร และน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นที่นำไปลงในบ่อหมักจำนวน ๓ ตัวอย่าง ๓ ความเข้มข้น ก่อนเก็บน้ำทิ้งหนึ่งวัน แล้วนำตัวอย่างทั้งน้ำทิ้งและน้ำเสียไปวิเคราะห์หาค่า ซีไอดี, บีไอดี, ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส ทุก ๆ ๓ วัน สำหรับค่า พีเอช. และสภาพความเป็นด่างได้ทำการวัดและหาค่าทุกวัน จากน้ำเสียที่สังเคราะห์และน้ำทิ้ง สำหรับในบ่อทดลองได้วัด พีเอช.ทุกวัน เพื่อเป็นการควบคุมการดำเนินงานและสังเกตการณ์การเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ในบ่อหมักทดลอง

วิธีการที่ใช้วิเคราะห์ตัวอย่างต่าง ๆ ในการทดลองและการศึกษาครั้งนี้ส่วนใหญ่ใช้วิธีของ Standard method 1971

การวัด พีเอช. ใช้ พีเอชมิเตอร์ของ Chemtrix type 40 E แบบใช้ในห้องทดลองและในสนาม