บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยใช้ห้องปฏิบัติการของ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งมีรายละเอียดของการดำเนินการทดลองดังนี้

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

3.1.1 ถังแบบจำลอง

ก. ถังเหล็กขนาด กว้าง 1.20 ม. ยาว 1.20 ม. และสูง 1.20 ม. ซึ่งแบ่งส่วนบนและส่วนล่างออกจากกันเป็น 2 ส่วน ด้วยแผ่นผ้าใบปูกันซึมหนา 1 มม. ส่วนบนและล่างมีความลาดก้นบ่อ 1%

ข. ส่วนล่างมีความลึก 0.30 ม. มีลักษณะการไหลในแนวนอน ชั้นตัวกลางเรียงจากขวาไปซ้าย ประกอบไปด้วย กรวดขนาด 1-2 ซม. บรรจุหนา 0.15 ม. เพื่อกระจายน้ำเข้าให้สม่ำเสมอ จากนั้นเป็นชั้นตัวกลางทรายหยาบขนาด 1-2 มม. บรรจุหนา 0.90 ม. และชั้นกรวดขนาด 1-2 ซม. บรรจุขนาด 0.15 ม. เพื่อรวบรวมน้ำออก ตามลำดับ

ค. ส่วนบนมีความลึก 0.80 ม. มีลักษณะการไหลในแนวดิ่ง ชั้นตัวกลางเรียงจากล่างขึ้นบน ประกอบไปด้วย กรวดขนาด 1-2 ซม. หนา 0.1 ม. เพื่อรวบรวมน้ำออก ต่อจากนั้นเป็นชั้นตัวกลางทรายหยาบขนาด 1-2 มม. หนา 0.70 ม.

3.1.2 ระบบท่อ

ก. ท่อน้ำเข้าส่วนบนเป็นท่อพีวีซี ขนาด 3/4 นิ้ว เจาะรูขนาด 0.5 ซม. โดยเว้นระยะห่างระหว่างรูที่เจาะเท่ากับ 5 ซม. มีจำนวนทั้งสิ้น 4 ท่อ วางขนานกันอยู่ด้านบน ใกล้กับผิวของตัวกลางทราย ปล่อยน้ำให้ไหลลงสู่ส่วนบนซึ่งมีการไหลในแนวดิ่ง

ข. ท่อรับน้ำออกจากส่วนบนเป็นท่อพีวีซี ขนาด 3/4 นิ้ว เจาะรูขนาด 0.5 ซม. โดยเว้นระยะห่างระหว่างรูที่เจาะเท่ากับ 2.5 ซม. พันรอบท่อด้วยแผ่นจีโอเท็กซ์ไทล์ (geotextile) เพื่อป้องกันการอุดตันจากทราย มีจำนวนทั้งสิ้น 2 ท่อ วางขนานกันอยู่ในชั้นกรวดรวบรวมน้ำไหลออกจากส่วนบนเข้าสู่ส่วนล่าง

ค. ท่อน้ำเข้าส่วนล่างเป็นส่วนที่ต่อมาจากท่อรับน้ำออกส่วนบน เป็นท่อพีวีซี ขนาด 3/4 นิ้ว เจาะรูขนาด 0.5 ซม. เว้นระยะห่างระหว่างรูที่เจาะเท่ากับ 5 ซม. พันรอบท่อด้วยแผ่น

จีโอเท็กซ์ไทล์เพื่อป้องกันการอุดตันจากทราย มีจำนวน 1 ท่อ วางในแนวขวางอยู่ในชั้นกรวดปล่อยน้ำเข้าสู่ส่วนล่างซึ่งมีการไหลในแนวนอน

ช. ท่อรับน้ำออกจากส่วนล่างเป็นท่อพีวีซี ขนาด 3/4 นิ้ว เจาะรูขนาด 0.5 ซม. เว้นระยะห่างระหว่างรูที่เจาะเท่ากับ 2.5 ซม. มีจำนวน 1 ท่อ วางในแนวขวางอยู่ในชั้นกรวด พันรอบท่อด้วยแผ่นจีโอเท็กซ์ไทล์เพื่อป้องกันการอุดตันจากทราย ท่อส่วนที่ออกจากแบบจำลอง ยกระดับทางน้ำออกให้สูงขึ้น 15 ซม. เพื่อรักษาสภาพอิ่มตัวของชั้นตัวกลาง

รายละเอียดและอุปกรณ์ต่างๆแสดงในรูปที่ 3.1-3.4

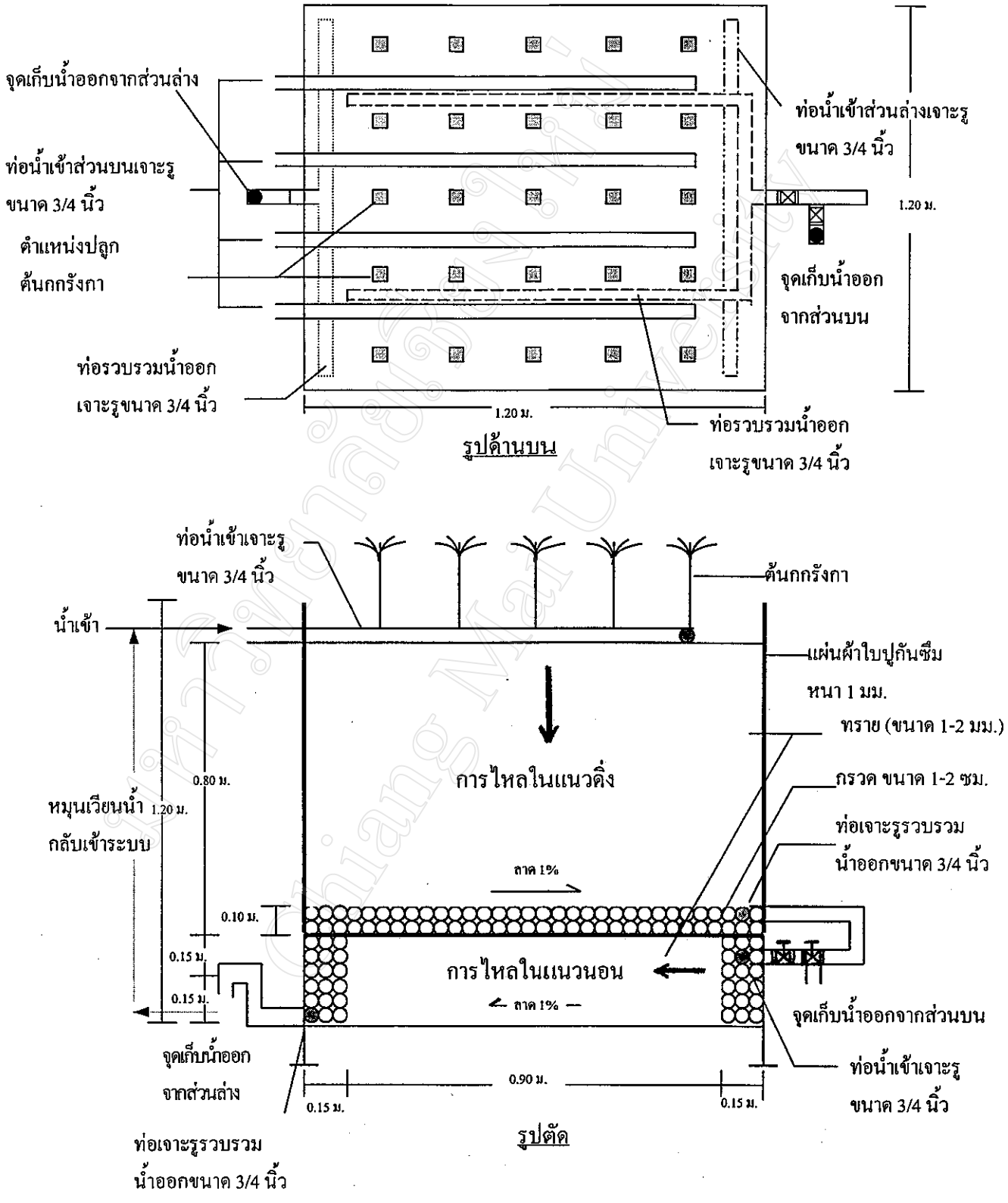
3.2 การหาระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย

การหาระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียในแบบจำลองนี้ได้ใช้วิธีศึกษาสารตรวจจับร่องรอยโดยเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นลงแบบจำลองตามเส้นท่อที่จะปล่อยน้ำเสียเข้าระบบโดยใช้เครื่องสูบน้ำเข้าในช่วงเวลาสั้นๆ ประมาณ 5 นาที หลังจากนั้นจึงสูบน้ำประปาเข้าในอัตราการไหลปกติที่ต้องการทราบเวลาเก็บกัก แล้ววัดค่าการนำกระแสไฟฟ้าของน้ำที่ออกจากแบบจำลองทุกๆ 4 ชั่วโมง ระยะเวลาที่สังเกตผลการทดลอง คือ ตั้งแต่ช่วงที่ค่าการนำกระแสไฟฟ้าของน้ำค่อยๆ เพิ่มมากขึ้น ถึงจุดสูงสุด และค่อยๆ ลดลงจนมีค่าเท่ากับหรือใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้ในช่วงแรก นำค่าการนำกระแสไฟฟ้าของน้ำที่ออกจากแบบจำลอง และช่วงเวลาที่สังเกตผลการทดลองมาพล็อตกราฟระหว่างเวลาและการนำไฟฟ้าของน้ำ หาระยะเวลาเก็บกักของน้ำที่อัตราการไหลดังกล่าว หากมากหรือน้อยเกินไปก็ปรับเปลี่ยนค่าอัตราการไหลให้น้อยลงหรือมากขึ้นตามลำดับที่อัตราการไหลของน้ำดิบ 4.5 ล./ชม. เข้าระบบส่วนบนที่มีการไหลในแนวดิ่ง ทำการทดลองหาเวลาเก็บกักน้ำได้ประมาณ 3 วัน

ภายหลังทำการศึกษาสารตรวจจับร่องรอยนี้ ต้องปล่อยน้ำล้างหรือทำความสะอาดชั้นตัวกลาง จนแน่ใจว่า สารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ใช้จะไม่ส่งผลกระทบต่อปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ในภายหลัง

3.3 น้ำเสียที่เข้าระบบ

น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียมูลสุกร ซึ่งได้จากการล้างคอกสุกรซึ่งผ่านการตกตะกอนแล้ว จากฟาร์มสุกรของศูนย์พัฒนาและวิจัยการเกษตรแม่เหียะ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยมีคุณลักษณะของน้ำเสียดังตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

(ก)

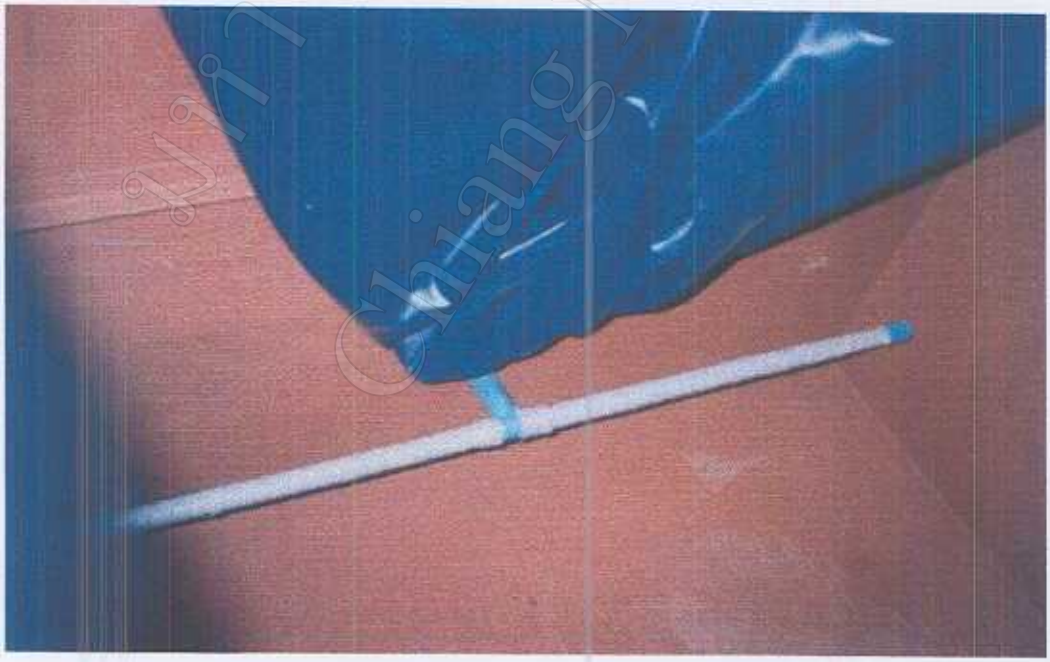
(ข)

รูปที่ 3.2 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

(ก) ลักษณะของแบบจำลอง

(ข) ถังบรรจุน้ำเสียที่เข้าระบบและเครื่องสูบน้ำที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 3.3 ท่อพีวีซีเจาะรูที่พันด้วยแผ่นจีโอเท็กซ์ไทล์



รูปที่ 3.4 แผ่นผ้าใบปูกันซึม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของน้ำเสียมูลสุกร จากการวิเคราะห์ 6 ครั้ง

พารามิเตอร์	หน่วย	ช่วงค่า	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ซีโอดี	มก./ล.	1,500-5,000	3,205	1,108
เจดาลไนโตรเจน	มก./ล.	200-400	297	68
ฟอสฟอรัสรวม	มก./ล.	80-160	117	26.3
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	มก./ล.	500-2,500	1,381	660.3
พีเอช		6.5-7.5	7	3
อุณหภูมิ	°ซ	20-28	18	-

ที่มา : นงลักษณ์ เล็กรุ่งเรืองกิจ (2541)

3.4 ระบบจ่ายน้ำและอุปกรณ์การเก็บตัวอย่างน้ำ

3.4.1 เก็บน้ำเสียที่เข้าระบบไว้ในถังพลาสติกบรรจุขนาด 100 ล. จำนวน 2 ใบ และใช้เครื่องกวนน้ำตลอดเวลาเพื่อไม่ให้เกิดการตกตะกอน สูบน้ำเสียเข้าแบบจำลองส่วนบนที่มีการไหลในแนวดิ่งด้วยเครื่องสูบน้ำที่เปิดปิดเป็นครั้งคราวโดยตั้งเวลาด้วยเครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติ

3.4.2 เก็บตัวอย่างน้ำไหลออกจากชั้นบนด้วยวาล์วเปิดปิดน้ำ 2 ตัว โดยเมื่อต้องการเก็บน้ำตัวอย่างจะปิดวาล์วตัวแรกเพื่อมิให้น้ำไหลผ่านลงสู่ชั้นล่าง ส่วนวาล์วตัวที่สองซึ่งอยู่ก่อนวาล์วตัวแรกใช้เปิดเพื่อเก็บน้ำตัวอย่างนำมาวิเคราะห์

3.4.3 น้ำที่ไหลออกจากชั้นล่างเป็นการไหลแบบอิสระ เก็บตัวอย่างน้ำจากปลายท่อเปิดที่ยกระดับขึ้นมา 15 ซม.

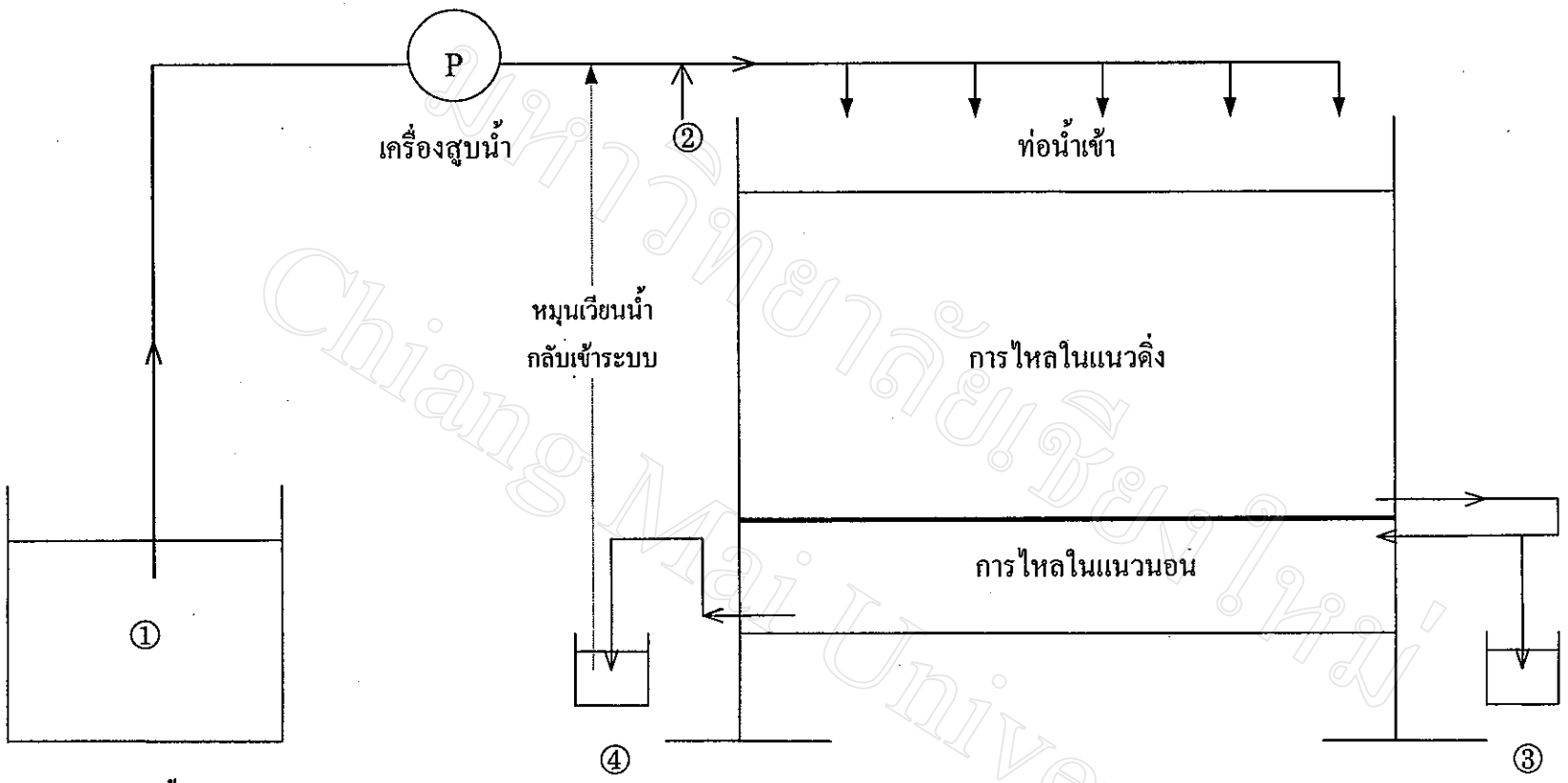
รูปที่ 3.5 แสดงรูปแบบของการทดลอง

3.5 ขั้นตอนและวิธีทำการทดลอง

3.5.1 สร้างแบบจำลอง วางระบบท่อและอุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งจัดเรียงชั้นตัวกลาง

3.5.2 ทำการศึกษาสารตรวจจับร่องรอยหาเวลาเก็บกักน้ำได้ค่าประมาณ 3 วันในส่วนบนที่มีการไหลในแนวดิ่ง

3.5.3 พืชน้ำที่ใช้ในการทดลองคือ กกรังกา (*Cyperus flabelliformis Rottb.*) โดยคัดเลือกพืชที่มีขนาดและความสูงใกล้เคียงกัน อายุประมาณ 2 เดือน นำมาปลูกใหม่ในภาชนะที่เตรียมไว้ ซึ่งในช่วงนี้จะมีการเติมน้ำเสียมูลสุกรเพื่อให้พืชคุ้นเคยโดยค่อยๆ เพิ่มความเข้มข้นจนพืชสามารถเจริญเติบโตด้วยน้ำเสียจริงที่ไม่ได้เจือจางได้ดี หลังจากนั้นจึงย้ายต้นพืชจากภาชนะเดิมลงปลูกในแบบจำลองส่วนบนโดยให้มีระยะห่างระหว่างกอ 20 ซม. เป็นจำนวน 25 กอ ใน 1 กอ มีจำนวนต้น



① จุดเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

② จุดเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ผสมกับน้ำที่หมุนเวียนกลับ

③ จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ออกจากระบบที่มีการไหลในแนวดิ่ง

④ จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ออกจากระบบที่มีการไหลในแนวนอน

รูปที่ 3.5 รูปแบบของการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ทั้งหมดประมาณ 5 ต้น วัดความสูง หาน้ำหนักแห้งและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในส่วนของใบ ลำต้น และรากก่อนเริ่มเดินระบบ

3.5.4 ปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลใต้ผิวดินในแนวดิ่งซึ่งอยู่ส่วนบนของแบบจำลอง โดยใช้เครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งเครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติเพื่อปรับการให้น้ำเป็นแบบครั้งคราว (Intermittent) คือ ทำงาน 4 ชม. และหยุด 4 ชม. สลับกันไป น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกรวบรวมเข้าสู่ส่วนล่างซึ่งเป็นถังกรองทรายที่มีการไหลในแนวนอนและไหลออกจากบ่อทดลองอย่างอิสระโดยแรงโน้มถ่วงของโลก รายละเอียดการทดลองแสดงใน ตารางที่ 3.2

3.5.5 เก็บน้ำตัวอย่างที่ไหลออกจากระบบส่วนบนที่มีการไหลในแนวดิ่ง และส่วนล่างที่มีการไหลในแนวนอนมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการบำบัดเปรียบเทียบกัน

3.5.6 สุ่มตัวอย่างต้นกกวัดความสูงทุกๆ สัปดาห์โดยสุ่มตัวอย่างทั้งสิ้นจำนวน 5 กอโดยวัดความสูงของต้นกกทุกต้นในแต่ละกอหาค่าเฉลี่ยความสูง จากนั้นนำค่าเฉลี่ยความสูงของแต่ละกอมาหาค่าเฉลี่ยความสูงในจำนวน 5 กอ เพื่อหาความสูงเฉลี่ยของต้นกกทั้งหมดในแบบจำลอง และเมื่อสิ้นสุดแต่ละการทดลองให้สุ่มตัวอย่างต้นกก 10-15% โดยสุ่มออกมาจำนวน 3 กอ หาน้ำหนักแห้ง อัตราการเจริญเติบโต รวมทั้งหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในส่วนของใบ ลำต้น และราก เพื่อหาปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในส่วนต่างๆ ของพืช โดยปลูกต้นใหม่ทดแทนในส่วนของต้นที่ถูกสุ่มไปวิเคราะห์

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดการทดลอง

การทดลองที่	*อัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าระบบ (ล./ชม.)	**อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เฉลี่ย (กก.ซีโอดี/ (เฮกแตร์.วัน))	**อัตราภาระบรรทุกไนโตรเจนเฉลี่ย (กก.ไนโตรเจน/(เฮกแตร์.วัน))	อัตราการหมุนเวียนน้ำ (เปอร์เซ็นต์)
1	4.50	1,010	90	-
2	4.50	1,240	160	50
3	4.50	750	120	100
4	4.50	810	110	200

หมายเหตุ : * เวลาเปิด/ปิดเครื่องสูบน้ำ เปิด 4 ชม. ปิด 4 ชม. สลับกันไป

: ** ในส่วนที่ปลูกพืชและมีการไหลในแนวดิ่ง

3.6 รายละเอียดของการเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่าง

รายละเอียดของจุดเก็บน้ำตัวอย่าง ดัชนีคุณภาพน้ำที่จะทำการวิเคราะห์หา ความถี่ในการเก็บน้ำตัวอย่าง และวิธีการวิเคราะห์ แสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดของการเก็บน้ำตัวอย่าง ดัชนีคุณภาพน้ำ ความถี่ในการเก็บน้ำตัวอย่างและวิธีการวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง

จุดเก็บน้ำตัวอย่าง	พารามิเตอร์	ความถี่	วิธีการวิเคราะห์
จากถังเก็บน้ำเสีย และปลายท่อน้ำออกทั้ง 2 จุด	ซีโอดี	ทุก 5 วัน	Dichromate Reflux
"	ความเป็นด่างรวม	"	Potentionmetric Method
"	เจดาลไนโตรเจน	"	Digestion-Distillation-Titration
"	แอมโมเนียไนโตรเจน	"	Distillation-Titration
"	ออกซิไดซ์ไนโตรเจน	"	Hydrazine
"	ของแข็งแขวนลอย	"	Filtration-Drying at 103°C
"	พีเอช	"	pH meter ยี่ห้อ HORIBA รุ่น D-14E
"	อุณหภูมิ	"	pH meter ยี่ห้อ HORIBA รุ่น D-14E

หมายเหตุ : เก็บตัวอย่างแบบ Grab Sample

: หากมีการหมุนเวียนน้ำกลับมาผสมกับน้ำดิบให้เก็บน้ำตัวอย่างที่ผสมกันแล้วอีก 1 จุด

: ใช้วิธีวิเคราะห์น้ำตาม Standard Methods (APHA-AWWA-WPCF, 1995)

ในการวิเคราะห์ตัวอย่างพืชเพื่อหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่สะสมในส่วนต่างๆ ใช้วิธีไมโครเจดาล โดยวิเคราะห์พืชตาม Standard Methods (APHA-AWWA-WPCF, 1995) เช่นกัน