การใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน เพื่อการบำบัดขั้นที่ 3 สำหรับน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์

นางสาว สุภสิริ กุลวิทิต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-4802-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

USING OF SUBSURFACE-FLOW CONSTRUCTED WETLANDS FOR SLAUGTHERHOUSE WASTEWATER TERTIARY TREATMENT

Miss Supasiri Koolvitit

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering

Department of Environmental Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-4802-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน เพื่อการบำบัดขั้นที่ 3 สำหรับน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์
โดย	นางสาวสุภสิริ กุลวิทิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญยงค์ โล่ห์วงศ์วัฒน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล)

สุภสิริ กุลวิทิต : การใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอนเพื่อการบำบัดขั้นที่ 3 สำหรับน้ำเสียจากฆ่าสัตว์ (USING OF SUBSURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLAND FOR SLAUGHTERHOUSE TERTIARY WASTEWATER) อ.ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์,171 หน้า. ISBN 974-17-4802-7.

เนื่องจากโรงฆ่าสัตว์ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นโรงฆ่าสัตว์ขนาดเล็กใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อหมักไร้อากาศซึ่งน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดมีปริมาณสารอินทรีย์ ไนโตรเจน และโคลิฟอร์มทั้งหมดในปริมาณสูง ดังนั้นการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อหมักไร้อากาศจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อไม่ให้น้ำเสียส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการทำงานของระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอนในการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ที่ออกจากระบบบำบัดขั้นที่ 2 ก่อนระบายทิ้ง เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดของระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมที่บรรจุตัวกลางขนาด 5 - 8 มม.กับระบบที่ปลูกพืช 2 ชนิดคือ ต้นธูปฤาษีและต้นก้ามกุ้งในตัวกลางแบบเดียวกัน โดยทำการทดลอง 3 ชุด การทดลองแต่ละชุดมีระยะเวลาเก็บกัก 1 3 และ5 วัน คิดเป็นอัตราการไหล 0.22 0.37 และ 1.1 ลบ.ม./วัน ตามลำดับ ทำการทดลองโดยใช้น้ำเสียจริงจากระบบบำบัดขั้นที่ 2 ของโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี เข้าสู่แปลงทดลอง พบว่าความสามารถในการบำบัดแปรผันตามระยะเวลาเก็บกักน้ำ ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำเท่ากัน ในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้งกับระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน แต่ระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีมีประสิทธิภาพสูงกว่า และระบบที่ปลูกต้นธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี บีโอดี ทีเคเอ็น ฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอย และ โคลิฟอร์มแบคทีเรียเท่ากับร้อยละ 80.79 79.61 53.71 20.65 91.91 และ 99.97 ตามลำดับ

ผลการศึกษาพบว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอนที่ปลูกต้นธูปฤาษีที่อัตราการไหล 5 วันเหมาะสมที่จะใช้เป็นแบบระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 3 จากโรง-ฆ่าสัตว์ โดยคุณภาพน้ำที่ทิ้งจากระบบได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

ภาควิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.....ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2546.....

4370577721 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEY WORD : CONSTRUCTED WETLAND / SLAUGTHERHOUSE WASTEWATER / TYPHA SP.

SUPASIRI KOOLVITIT : USING OF SUBSURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLAND FOR SLAUGHTERHOUSE TERTIARY WASTEWATER. THESIS ADVISOR : ASSC.PROF. ORATHAI CHALAPHALIT, 171 pp. ISBN 974-17-4802-7.

Tertiary Wastewater Treatment is necessary for slaughterhouses in Thailand to obtain a better environmental because their wastewater is often treated by anaerobic treatment system. The treated wastewater from anaerobic system still consists of high organic, nitrogen, and coliform bacteria.

This study investigated the performance of horizontal subsurface flow constructed wetland as an advance treated for treating slaughterhouse's wastewater after secondary treatment. Three type of the constructed wetland were used in this study ; there are control unit with rock media, cattails(*Typha angustiolia*) wetland, and Lobster Claw (*Heliconia Bihai L.*) wetland. The experiments for each types of wetland were conducted with 1, 3 and 5 days retention period; in other word , with wastewater rate of 0.22, 0.37 and 1.10 m^3/day. The study used secondary treated wastewater from Suphanburi Municipality's slaughterhouse as influent for each units. The experiment's results showed that the treatment efficiency vary directly to retention period. Furthermore, at the same retention period, the control unit with rock media and the cattail constructed wetland had similar treatment efficiency. While the Lobster Claw constructed wetland yielded a significantly higher treatment efficiency among all experiment. The Lobster Claw constructed wetland with the 2.50 cm./day hydraulic loading rate could achieve the highest treatment efficiency. Its removal efficiency for COD, BOD, TKN, Phosphorus, Suspended Solid, and coliform bacteria are 80.79 ,79.61, 53.71,20.65,91.91 and 99.97 % respectively.

The conclusion of the study is that the horizontal subsurface flow constructed wetland with Lobster Claw (*Heliconia Bihai L.*) at 2.50 cm./day hydraulic loading rate is suitable for tertiary treatment for slaughterhouse's wastewater system and the effluent quality is in accordance with the Industrial Works Department's standard

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department…Environmental Engineering…… Student's signature…….

Field of Study … Environmental Engineering… Advisor' signature……..

Academic year…2003……

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้ความกรุณาแนะนำ ให้คำปรึกษา และผลักดันให้ข้าพเจ้ามีความมุ่งมั่นในการทำงานวิจัยนี้ อันเป็นผลให้งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ต่างๆที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ที่กรุณาอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยทุกด้าน

ขอขอบพระคุณนายกเทศมนตรีเทศบาลเมืองสุพรรณบุรี นายสัตวแพทย์และเจ้าหน้าที่โรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี ที่กรุณาอำนวยความสะดวกและช่วยเหลือดูแลจนการทดลองสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอบคุณเพื่อนร่วมชั้นเรียน เพื่อนร่วมงาน พี่น้องที่คอยช่วยเหลือทั้งกำลังกาย และกำลังใจแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ซึ่งให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการศึกษาของข้าพเจ้าเป็นอย่างดี เสมอมา จนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ฌ
สารบัญรูป.....ญ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมา.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....2
บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร.....3
2.1 น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์.....3
2.2 การบำบัดน้ำเสียของโรงฆ่าสัตว์.....8
2.3 คุณสมบัติน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์.....13
2.4 คุณสมบัติหลังการบำบัดของโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี.....13
2.5 บึงประดิษฐ์.....14
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....25
บทที่ 3 แผนการวิจัย.....31
3.1 แผนการทดลอง.....31
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์.....32
3.3 ตัวแปร.....37
3.4 การคำนวณขนาดบึงประดิษฐ์.....38
3.5 การคำนวณระยะเวลาเก็บกักน้ำและอัตราการไหล.....39
3.6 ขั้นตอนการวิจัย.....41
3.7 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์.....42
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....44
4.1 ลักษณะทั่วไป.....44
4.2 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม.....45
4.3 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง.....63

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษี…….....……77
4.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง…….....…91
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ ...……...100
5.1 สรุปผลการทดลอง ……100
5.2 ข้อเสนอแนะ ……101
รายการอ้างอิง ……102
ภาคผนวก……105
ภาคผนวก ก ……...106
ภาคผนวก ข 108
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์…….....171

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของระบบบำบัดน้ำเสีย……..…...……...…...…12

2.2 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียและน้ำทิ้งเฉลี่ยจากโรงฆ่าสัตว์ในประเทศไทย .....….....…13

2.3 ลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งเฉลี่ยจากบ่อหมักไร้อากาศของโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมือง สุพรรณบุรี.....……..... 13

2.4 กลไกในการบำบัดน้ำเสียในบึงประดิษฐ์…….....….....24

3.1 รายละเอียดการทดลอง.....……..... 41

3.2 จุดเก็บตัวอย่าง ตัวแปร และความถี่ในการวัด…….....……...43

4.1 คุณสมบัติน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง…….....……45

4.2 ผลการทดลองเดินระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมที่ระยะเวลาเก็บกักต่างๆ……...….47

4.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม.....…….....62

4.4 ผลการทดลองเดินระบบบึงประดิษฐ์บึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้งที่ระยะเวลาเก็บกักต่างๆ…64

4.5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง..…….....76

4.6 ผลการทดลองเดินระบบบึงประดิษฐ์บึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีที่ ระยะเวลาเก็บกักต่างๆ…….78

4.7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษี..…….....……... 90

4.8 ประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษี. ต้นก้ามกุ้ง และชุดควบคุม ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน .....……91

4.9 เปรียบเทียบน้ำทิ้งจากบึงประดิษฐ์ ปลูกธูปฤาษีที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วันกับค่ามาตรฐาน…....97

4.10 เปรียบเทียบน้ำทิ้งจากบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม ปลูกก้ามกุ้ง ปลูกธูปฤาษี ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วันกับค่ามาตรฐาน .....…….98

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า
2.1 แผนผังการใช้น้ำในการฆ่าและชำแหละโคแบบมาตรฐาน……...5
2.2 แผนผังการใช้น้ำในการฆ่าและชำแหละสุกรแบบมาตรฐาน……7
2.3 บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลเหนือผิวดิน……..15
2.4 บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน……..15
2.5 บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวดิ่ง……16
2.6 การถ่ายเทออกซิเจนบริเวณรากพืช…….. 17
2.7 วัฏจักรไนโตรเจนในธรรมชาติ……..20
2.8 กลไกการกำจัดไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์……...21
3.1 ผังการไหลของระบบบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในการทดลอง……..31
3.2 บ่อหมักไร้อากาศของโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี.....32
3.3 แปลนบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในงานวิจัย…… 32
3.4 ภาพตัดตามยาวบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....33
3.5 บึงประดิษฐ์ที่ใช้ในงานวิจัย……33
3.6 การเรียงตัวกลางตัวกลาง.....34
3.7 ตัวกลางในบึงประดิษฐ์……..34
3.8 ถังกระจายน้ำ……...35
3.9 ท่อน้ำออก……36
3.10 ต้นธูปฤาษีและต้นก้ามกุ้งที่ปลูกในระบบ…… 36
3.11 ตำแหน่งพืชในระบบ…..37
3.12 ตำแหน่งจุดเก็บน้ำตัวอย่าง…..42
4.1 ค่าพีเอชในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน…..48
4.2 ค่าซีโอดีในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน…..49
4.3 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน…..50
4.4 ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3และ 1 วัน…..51
4.5 อินทรีย์ไนโตรเจนในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม ที่ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3และ 1 วัน…..53

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.6 แอมโมเนียมไนโตรเจนในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน……..54
4.7 ทีเคเอ็นไนโตรเจนในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน.....……55
4.8 ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1วัน…….....56
4.9 ค่าของแข็งแขวนลอยในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1วัน…….....58
4.10 ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 3 และ 1 วัน……..…….....59
4.11 ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน…….....59
4.12 ประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟอร์มแบคทีเรียในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 3 และ 1 วัน……..61
4.13 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดที่ระยะเวลาเก็บกักต่างๆของระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม ……..……62
4.14 ค่าพีเอชในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 3และ 1วัน..... 65
4.15 ค่าซีโอดีในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 3และ 1วัน.....67
4.16 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 3 และ 1 วัน…….....68
4.17 ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 3 และ 1 วัน…….....…….. 68
4.18 อินทรีย์ไนโตรเจนในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 3 และ 1วัน…….....69
4.19 แอมโมเนียมในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 3 และ 1วัน…….... ….....70
4.20 ค่าทีเคเอ็นในระบบบึงประดิษฐ์ปลูกต้นก้ามกุ้ง ที่ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 3 และ 1วัน…….....71

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4..21 ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนในระบบบึงประดิษฐ์ปลูกต้นก้ามกุ้ง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ1วัน……72
4.22 ของแข็งแขวนลอยในระบบบึงประดิษฐ์ปลูกต้นก้ามกุ้งที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1วัน.....74
4.23 ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง ที่ ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน……..75
4.24 ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง ที่ระยะเวลาเก็บกัก น้ำ 5 3 และ 1วัน……75
4.25 ประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟอร์มแบคทีเรียในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง ที่ ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 3 และ 1 วัน……..76
4.26 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดที่ระยะเวลาเก็บกักต่างๆของระบบบึงประดิษฐ์ ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง ……. 77
4.27 ค่าพีเอชในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษี ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 3และ 1วัน.....79
4.28 ซีโอดีในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกธูปฤาษีที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 3และ 1วัน……..81
4.29 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 3และ 1วัน…….. 82
4.29ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีในบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 3และ 1วัน……...82
4.30 อินทรีย์ไนโตรเจนในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกธูปฤาษีที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 3และ 1วัน…….. 84
4.31 แอมโมเนียในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกธูปฤาษีที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 3และ 1วัน……85
4.32 ทีเคเอ็นในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกธูปฤาษีที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 3และ 1วัน..…… ...86
4.33 ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกธูปฤาษีที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 3และ 1วัน……87
4.34 ของแข็งแขวนลอยในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 3และ 1วัน……88

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า
4.35 ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 3และ 1วัน…...……..…..89
4.36 4.36 ประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟอร์มแบคทีเรียในบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษี ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 3และ 1วัน…… 90
4.37 ต้นก้ามกุ้งที่ภาระปริมาณน้ำ 2.50 และ 12.30 ซม./วัน.....……...….... 92
4.38 ต้นธูปฤาษีที่ภาระปริมาณน้ำ 2.50 และ 12.30 ซม./วัน.....……....…. 92
4.39 รากต้นก้ามกุ้งและรากต้นธูปฤาษี.....……...93

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ในปัจจุบันโรงฆ่าสัตว์ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นโรงฆ่าสัตว์ขนาดเล็ก ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นแบบบ่อหมักไร้อากาศตามด้วยระบบบ่อผึ่งซึ่งใช้พื้นที่มาก และมีปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นรบกวน นอกจากนี้น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์มีปริมาณไนโตรเจนที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยแบคทีเรียชนิดไร้อากาศ สารประกอบไนโตรเจนที่ละลายในน้ำต้องการออกซิเจนใน การบำบัดมากกว่าที่สารอินทรีย์ในน้ำต้องการถึง 2 เท่า นอกจากนี้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทางชีววิทยาแบบบ่อหมักไร้อากาศ ยังมีปริมาณไนโตรเจนและโคลิฟอร์มทั้งหมดสูงอยู่มาก

ประเทศไทยมีกฎหมายบังคับใช้เกี่ยวกับคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์คือมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ และมีแนวโน้มจะบังคับเข้มงวดขึ้นเรื่อย ๆ ขณะที่โรงฆ่าสัตว์ขนาดกลางและขนาดเล็กในประเทศไทยยังคงใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อหมักไร้อากาศ ซึ่งไม่สามารถบำบัดน้ำเสียให้ได้ค่าบีโอดีต่ำกว่า 60 มก./ล. และทำให้เกิดไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียในปริมาณสูง หากต้องมีการปรับปรุงให้เป็นระบบบำบัดแบบเติมอากาศ หรือระบบตะกอนเร่งจะต้องใช้งบประมาณในการปรับปรุงสูงเมื่อเทียบกับค่าก่อสร้างอาคารโรงฆ่าสัตว์ขนาดกลางและขนาดเล็ก อีกทั้งยังเป็นภาระในด้านการเดินระบบ การบำรุงรักษา และบุคลากรต่อไปอีกด้วย

หากน้ำเสียไม่ได้รับการจัดการอย่างถูกต้องและเหมาะสม จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนข้างเคียงที่ใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ ปัจจุบันโรงฆ่าสัตว์ในประเทศไทยมากกว่าร้อยละ 95 เป็นโรงฆ่าสัตว์ขนาดเล็กที่ยังขาดการจัดการน้ำเสียอย่างถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล การใช้ระบบบึงประดิษฐ์ (Constructed wetland) เป็นระบบบำบัดขั้นที่ 3 เสริมจากระบบเดิมเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ได้มาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนดก่อนที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติจึงเป็นแนวทางหนึ่งซึ่งใช้งบประมาณเพิ่มเติมน้อย ใช้พลังงานในการเดินระบบไม่มาก และทำให้ภูมิทัศน์ของระบบบำบัดดีขึ้นอีกด้วย

ในงานวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอนที่ปลูกต้นธูปฤาษีและต้นก้ามกุ้งเพื่อเป็นระบบบำบัดขั้นที่ 3 ที่ใช้อยู่เดิมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอนเป็นระบบบำบัดขั้นที่ 3 บำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์

1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี บีโอดี ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ปริมาณของแข็งแขวนลอย และโคลิฟอร์มทั้งหมดจากน้ำเสียโรงฆ่าสัตว์โดยใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอนที่ปลูกต้นธูปฤาษีและต้นก้ามกุ้ง

1.2.3 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของอัตราการไหลของน้ำเสียที่มีผลต่อประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์แบบไหลใต้ผิวดินในแนวนอนทั้ง 2 แบบ

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการทำงานของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน (Subsurface flow contructed wetland) ที่ปลูกต้นไม้แตกต่างกัน 2 ชนิด คือปลูกต้นธูปฤาษี (*Typha angustifolia*) และต้นก้ามกุ้งช่อตั้ง (*Heliconia bihai L.,Lobster clow*) ในการกำจัดซีโอดี บีโอดี ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ปริมาณของแข็งแขวนลอย และโคลิฟอร์มทั้งหมดจากน้ำเสียของโรงฆ่าสัตว์ที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นแล้ว ศึกษาจากประสิทธิภาพการบำบัดของระบบบึงประดิษฐ์โดยทำการวิเคราะห์ค่าซีโอดี บีโอดี ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ปริมาณของแข็งแขวนลอย และโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำเสียที่ออกจากระบบที่อัตราการไหลที่เปลี่ยนแปลงไป โดยศึกษาที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 ค่า คือ 5 3 และ 1 วัน(อัตราการไหลน้ำ 0.22 0.37 และ 1.10 ลบ.ม./วัน)

น้ำเสียที่ใช้ในงานวิจัยเป็นน้ำเสียจริง ซึ่งเป็นน้ำทิ้งที่ผ่านบ่อหมักไร้อากาศ จากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี

บทที่ 2

ทบทวนเอกสาร

2.1 น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2539)

การใช้น้ำและอัตราการเกิดน้ำเสียจากการฆ่าและชำแหละสัตว์จะมีปริมาณแตกต่างกันโดยขึ้นกับชนิดของสัตว์ และกระบวนการฆ่าและชำแหละซาก มีรายละเอียดต่อไปนี้

2.1.1 กระบวนการฆ่าและชำแหละโคแบบมาตรฐาน

1) การรับโค

โดยทั่วไปโคที่จะถูกฆ่ามีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 300 – 420 กิโลกรัม เมื่อมาถึงโรงงานจะนำโคเข้าสู่คอกพักสัตว์โดยไม่ให้อาหารเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แต่มีน้ำกินตลอดเวลา ทั้งนี้การ อดอาหารทำให้การเอาเลือดออกเป็นไปได้หมดจด ชำแหละซากได้ง่าย และซากมีสีสดใส สัตวแพทย์ตรวจสภาพโคก่อนฆ่า ถ้าพบว่ามีโรคหรือสงสัยว่ามีโรคทำการกำจัด เพื่อป้องกันการนำเอาสัตว์เหล่านี้ไปฆ่าเป็นอาหาร ส่วนโคที่มีสุขภาพสมบูรณ์ก็จะส่งต่อไปยังขั้นตอนทำให้สลบ ขั้นตอนการรับโค ใช้น้ำประมาณ 0.1 ลบ.ม.ต่อตันโค มีน้ำเสียจากการฉีดล้างตัวโค 0.1 ลบ.ม.ต่อตันโค

2) การทำให้สลบ การฆ่าและการรวบรวมเลือด

โคที่ผ่านการตรวจสอบแล้วจะถูกต้อนเข้าไปในซองเพื่อใช้เครื่องมือยิงสัตว์สลบ แขวนห้อยหัวลง แทงช่องระหว่างอกเพื่อตัดเส้นเลือด และเลือดจะไหลออกมาอย่างแรงจนหมด จากนั้นล้างทำความสะอาดตัวโคเพื่อกำจัดเลือดที่ติดอยู่ตามผิวหนัง

กระบวนการทำให้สลบ การฆ่าและรวบรวมเลือดใช้น้ำประมาณ 0.08 ลบ.ม.ต่อตันโค มีน้ำเสียล้างตัวโครวมเลือด 0.10 ลบ.ม.ต่อตันโค

3) การกำจัดขน

วิธีการกำจัดขนออกจากโคใช้การถลกหนังออก แขวนซาก ผ่าเลาะหนังออกจนหนังหลุดออกมาจนหมด แล้วจึงฉีดน้ำล้างทำความสะอาดซากที่เลาะหนังแล้วอีกครั้งกระบวนการเลาะหนังเพื่อกำจัดขนมีการใช้น้ำ 0.10 ลบ.ม.ต่อตันโค มีน้ำเสียจากการฉีดล้างซากโค 0.10 ลบ.ม.ต่อตันโค

4) การชำแหละซาก

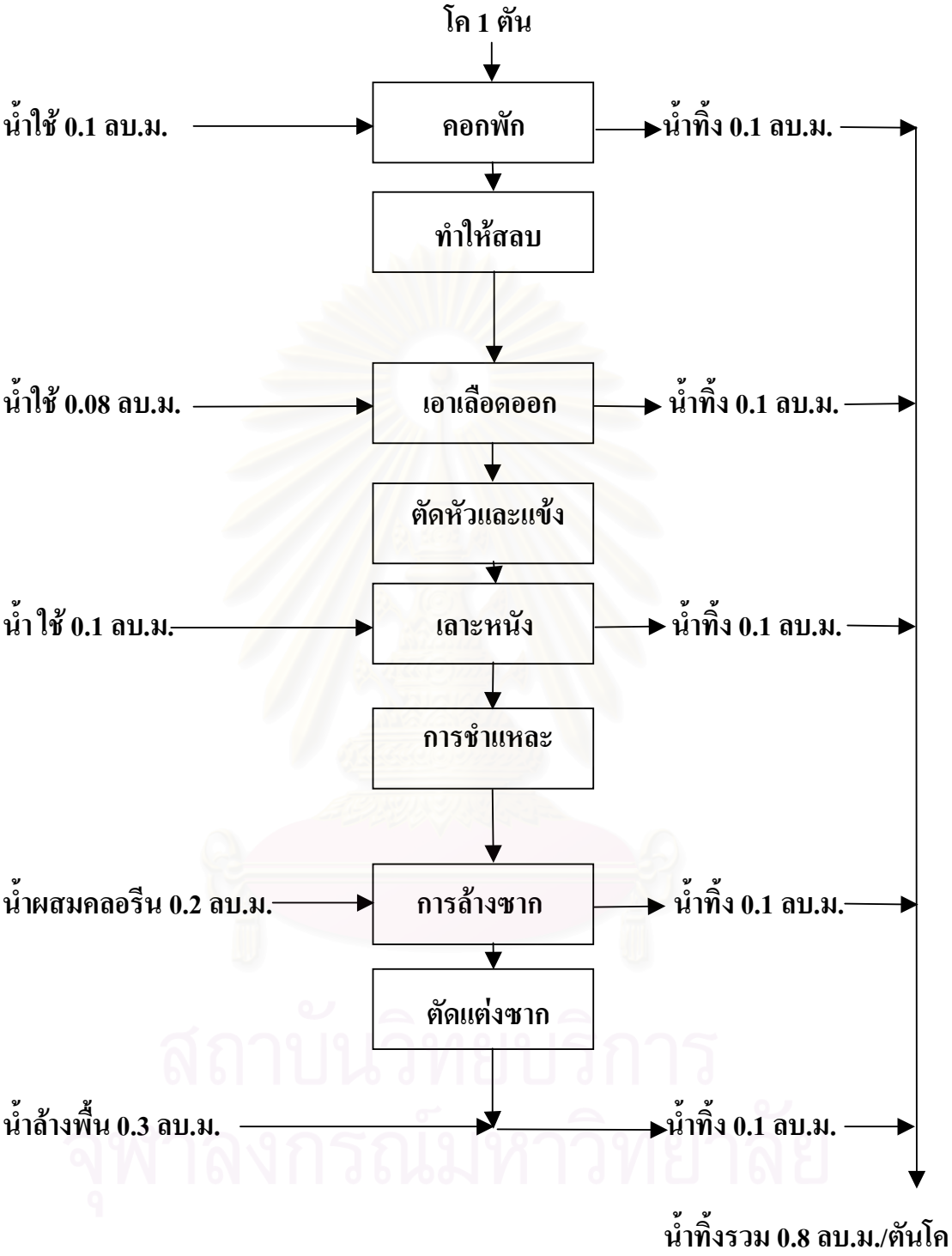
ซากโคที่ผ่านการถลกหนังแล้ว จะถูกนำมาผ่ากระดูกอกและกระดูกเชิงกราน แยกสำไส้และกระเพาะออกมาทิ้ง ตัดแยกหัวใจ ตับและปอด ฉีดล้างซากให้สะอาด ผ่าซากออกเป็น 2 ซีกแล้วใช้น้ำล้างซากอีกครั้ง ในขั้นตอนการชำแหละใช้น้ำผสมคลอรีน ความเข้มข้นประมาณ 5 มก./ล. ปริมาณน้ำที่ใช้ 0.2 ลบ.ม.ต่อตันโค น้ำเสียจากการล้างซาก 0.2 ลบ.ม.ต่อตันโค

5) การลดอุณหภูมิซาก

หลังการผ่าซีกซากโคแล้วทำให้ลดอุณหภูมิของซากลง เพื่อหยุดการกระจายของเชื้อจุลินทรีย์และลดการสูญเสียน้ำในซากโดยใช้น้ำล้างพื้นโรงงานประมาณ 0.3 ลบ.ม.ต่อตันโค น้ำเสียทั้งหมดที่เกิดจากโรงฆ่าสัตว์ประมาณ 0.80 ลบ.ม.ต่อตันโค ดังแผนผังการใช้น้ำในรูปที่ 2.1

2.1.2 กระบวนการฆ่าโคในโรงงานขนาดเล็ก

โคในเมืองไทยส่วนมากฆ่าและจำหน่ายโดยคนอิสลาม โดยในโรงฆ่าขององค์การบริหารส่วนท้องถิ่น เช่น โรงฆ่าสัตว์ของเทศบาล ซึ่งส่วนใหญ่จะฆ่าทั้งโคและสุกร รวมถึงกระบือด้วย แต่จะแยกห้องฆ่าระหว่างโค กระบือและสุกร ภายในห้องฆ่าสัตว์ใหญ่จะมีหลักเสา จำนวนขึ้นกับขนาดของห้อง ผู้ฆ่าจะจูงสัตว์มาผูกไว้กับเสา ทำให้ล้มลงด้วยเชือก จับคอบิดหงายขึ้น ใช้มีดปาดคอแล้วรองเลือดจนพอ ตัดหัวออก ดันสัตว์ให้หงายหลังแล้วเลาะหนังออก ผ่าท้องแยกเครื่องในไปทำความสะอาด เลาะขาออกจากซาก จากนั้นเลาะเอาสันนอกและสันในออกจากซาก แล้วเลาะซี่โครงทีละซี่ แม้ว่าโรงฆ่าสัตว์ขนาดเล็กจะมีพื้นที่น้อยกว่าแต่น้ำเสียส่วนใหญ่เกิดจากการล้างพื้นและซาก โดยปริมาณการใช้น้ำ ต่อตันโคใกล้เคียงกัน คือ 0.80 ลบ.ม.ต่อตันโค



รูปที่ 2.1 แผนผังการใช้น้ำในการฆ่าและชำแหละโคแบบมาตรฐาน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2539)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.3 กระบวนการฆ่าและชำแหละสุกรแบบมาตรฐาน

1) การรับสุกร

โดยทั่วไปสุกรที่ส่งไปฆ่ามีน้ำหนักตั้งแต่ 90 – 130 กิโลกรัม ในการขนส่ง สัตว์มักจะเกิดความเครียดที่เกิดจากการไล่ต้อนจับ อากาศที่ร้อน การอดอาหารและน้ำขณะขนส่ง ดังนั้นโรงฆ่าสัตว์จะต้องมีคอกพักสัตว์ก่อนฆ่าอย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อให้เลือดไหลออกได้มาก ก่อนที่จะนำไปฆ่าต้องมีสัตวแพทย์ตรวจสุขภาพสุกรก่อน ถ้ามีโรคติดต่อหรือสงสัยว่ามีโรคติดต่อก็ทำลายเสีย ส่วนสุกรสุขภาพสมบูรณ์ถูกส่งต่อไปยังขั้นตอนต่อไป ขั้นตอนนี้ใช้น้ำปริมาณ 0.50 ลบ.ม.ต่อตันสุกร เป็นน้ำเสียจากการฉีดล้างสุกร 0.50 ลบ.ม.ต่อตันสุกร

2) การทำให้สุกร หมดความรู้สึก การฆ่า และการรวบรวมเลือด

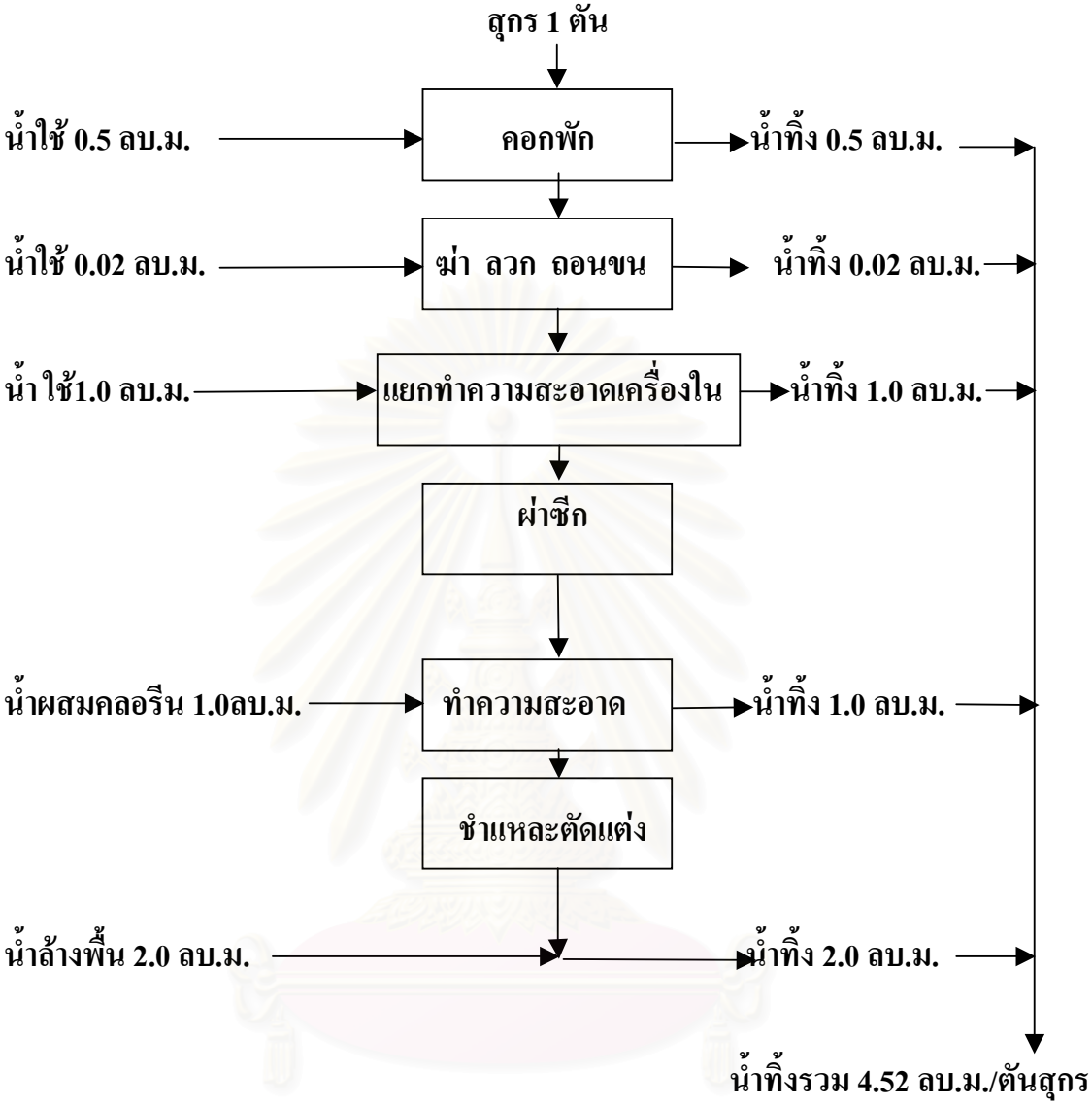
ตามมาตรฐานสากลวิธีการทำให้สลบก่อนการฆ่ามี 3 วิธี คือ การใช้ปืนยิง การใช้วิธีช็อกไฟฟ้าและการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ โรงฆ่าสัตว์ในประเทศไทยนิยมใช้การช็อกไฟฟ้า เมื่อสุกรสลบแล้วจึงแทงคอ เพื่อเอาเลือดออกให้เร็วที่สุด

3) การลวกและถอนขน

ซากสุกรที่เอาเลือดออกแล้ว นำไปลวกน้ำร้อน เพื่อให้ถอนขนได้ง่ายขึ้น โดยใช้เวลาในการลวกประมาณ 2 - 3 นาที ในขั้นตอนนี้มีน้ำเสียจากการลวกและถอนขนสุกรประมาณ 0.02 ลบ.ม.ต่อตันสุกร

4) การชำแหละ

สุกรที่ผ่านการถอนขนและขัดทำความสะอาดแล้วจะถูกนำไปชะแหละเริ่มจากการผ่าเอาเครื่องในและลำไส้ออก นำไปทำความสะอาด จากนั้นนำไปเก็บไว้ในห้องเย็นก่อนส่งไปจำหน่าย ส่วนซากสุกรถูกผ่าซีก ล้างทำความสะอาด ตรวจและคัดซากที่มีคุณภาพไปเก็บในห้องเย็นเพื่อลดอุณหภูมิเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ขั้นตอนนี้ใช้น้ำที่มีคลอรีนเหลืออยู่ 5 พี.พี.เอ็ม ประมาณ 1 ลบ.ม.ต่อตันสุกร และน้ำเสียจากการล้างเครื่องในและทำความสะอาดซากสุกรประมาณ 2.0 ลบ.ม.ต่อตันสุกร รูปที่ 3.2 แสดงแผนผังการใช้น้ำในในการฆ่าสุกรแบบมาตรฐาน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.2 แผนผังการใช้น้ำในการฆ่าและชำแหละสุกรแบบมาตรฐาน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2539)

2.1.4 กระบวนการฆ่าและชำแหละสุกรของโรงงานขนาดเล็ก

โรงงานฆ่าสุกรขนาดเล็กในประเทศไทยมักเป็นโรงฆ่าสัตว์ของเทศบาล โดยมีกำลังการผลิตตั้งแต่ 5 ตัวต่อวันไปจนถึง 200 ตัวต่อวัน โดยใช้แรงงานคนเป็นส่วนใหญ่ และขณะฆ่าสัตว์อยู่บนพื้นตลอดเวลา สุกรที่นำมาฆ่าถูกนำเข้าสู่คอกพักก่อนการฆ่าอย่างน้อย 6 ชั่วโมง วิธีการฆ่าจะใช้มีดแทงคอสุกรในทันทีโดยไม่ทำให้สลบก่อน แผลที่คอจะมีขนาดใหญ่เพื่อให้เลือดออกจากตัวได้มากที่สุด เลือดสุกรจะถูกรวบรวมสู่ภาชนะได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ขณะที่ส่วนหนึ่งจะตกลงสู่พื้น เมื่อเลือดไหลออกจนหมดตัวแล้ว นำซากไปลวกในกระทะใบบัวที่มีน้ำร้อนอุณหภูมิ 60 - 70 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 - 3 นาที นำไปขูดขน หลังจากนั้น ตัดหัวและเอาเครื่องในออกมาล้างทำความสะอาด ส่วนซากสุกรนำมาผ่าครึ่งล้างทำความสะอาด แล้วส่งจำหน่ายต่อไป น้ำเสียส่วนใหญ่เกิดจากการล้างซากและล้างพื้นเช่นกัน แม้ว่าขั้นตอนและวิธีการจะแตกต่างกันบ้าง แต่ปริมาณน้ำใช้ต่อตันสุกรยังคงใกล้เคียงกันคือประมาณ 4.5 ลบ.ม. ต่อตันสุกร

2.2 การบำบัดน้ำเสียของโรงฆ่าสัตว์ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2539)

2.2.1 การบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 1

น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์โดยเฉพาะน้ำเสียจากขั้นตอนการล้างตัวสัตว์ การล้างเครื่องในจะมีปริมาณสารแขวนลอยสูง ซึ่งหากปล่อยน้ำเสียส่วนนี้ไหลไปลงในบ่อบำบัดน้ำเสียจะทำให้บ่อน้ำตื้นเขินอย่างรวดเร็ว อีกทั้งน้ำเสียส่วนนี้มีปริมาณไขมันและน้ำมันสูงด้วย ไขมันและน้ำมันเหล่านี้จะเป็นตัวขวางการถ่ายเทอากาศจากบรรยากาศสู่ผิวน้ำ และส่งผลกระทบต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบบำบัดได้

1) การกำจัดของแข็งด้วยการกรองหรือการตกตะกอน

เนื่องจากของแข็งที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียจากกระบวนการฆ่าโคและสุกรมีทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก การกำจัดของแข็งเหล่านี้มักใช้การกรอง (Screen) มี 2 แบบ คือตะแกรงหยาบมีระยะห่างระหว่างเหล็กตะแกรงตั้งแต่ 10 มิลลิเมตรขึ้นไป และตะแกรงละเอียดที่มีช่องว่างระหว่างตะแกรงอยู่ระหว่าง 2-6 มิลลิเมตร นอกจากนี้ยังใช้การตกตะกอนในการแยกตะกอนหนักจำพวกกรวด ทราย หรือตะกอนที่มีความถ่วงจำเพาะสูง

2) การกำจัดน้ำมันและไขมัน

การกำจัดน้ำมันและไขมัน มีหลายวิธี ดังนี้

- การเติมคลอรีนโดยใช้คลอรีนประมาณ 2 – 5 มิลลิกรัมต่อลิตร
- การใช้คลอรีนร่วมกับการเป่าอากาศ
- การเพิ่มอุณหภูมิ
- การทำให้ตะกอนลอย เช่น บ่อดักไขมัน (grease trap) และการทำให้ลอยด้วยอากาศละลาย เป็นต้น

2.2.2 การบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 2

น้ำเสียจากโรงงานฆ่าสัตว์ต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 2 ซึ่งเป็นระบบบำบัดทางชีวภาพ ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้งานกันทั่วไปได้แก่บ่อหมักแบบไร้อากาศ ซึ่งไม่สามารถลดค่าภาระอินทรีย์ให้ต่ำลงจนถึงมาตรฐานที่กำหนดได้

การที่น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เหมาะสมกับการบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพก็เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำเสียประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่ย่อยง่าย และน้ำเสียไม่มีการปนเปื้อนของสารที่เป็นอันตรายต่อการทำงานของจุลินทรีย์

1) ระบบบ่อหมักไร้อากาศ (Anaerobic system)

การบำบัดน้ำเสียแบบบ่อหมักไร้อากาศ เป็นการเปลี่ยนสภาพจากสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำให้เป็นก๊าซชีวภาพ ซึ่งประกอบด้วยก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซอื่น ๆ อีกเล็กน้อย โดยมีแบคทีเรียในระบบ 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกทำหน้าที่ผลิตกรดอินทรีย์ และกลุ่มที่สองทำหน้าที่เปลี่ยนกรดอินทรีย์ให้เป็นก๊าซมีเทน

ระบบบ่อหมักแบบไร้อากาศมีข้อดีหลายประการ ได้แก่

- ใช้พลังงานในการดำเนินการต่ำ
- สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีภาระสารอินทรีย์สูง ๆ ได้
- มีตะกอนเกิดขึ้นน้อยมาก

การใช้ระบบบำบัดแบบไร้อากาศนี้มีความจำเป็นที่ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้

- มีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำกว่า 70 เปอร์เซ็นต์
- ไม่สามารถทำให้ค่าบีโอดีต่ำลงจนได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งได้
- ไม่สามารถลดปริมาณ ทีเคเอ็นได้
- ไม่สามารถลดปริมาณ ฟอสฟอรัสได้
- ถ้าระบบมีพีเอชต่ำกว่า 6 จะมีกลิ่นเหม็นเนื่องจาก เกิดก๊าซไฮโดรเจน แต่ถ้าพีเอชสูงกว่า 7 จะเกิดตะกอนแมกนีเซียม แอมโมเนีย ฟอสฟอรัส อุดตันในระบบ
- ถ้าหากมีเกลือในระบบสูงจะมีผลกระทบต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบ

2.2.3 การบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 3

เนื่องจากระบบบ่อหมักที่ใช้ในประเทศไทยไม่สามารถลดค่าภาระอินทรีย์ให้ต่ำลงจนถึงค่ามาตรฐานที่กำหนดได้ ระบบที่ใช้ในประเทศไทยส่วนใหญ่จึงต้องมีระบบอื่นมาช่วยในการบำบัด เช่น

- ระบบบ่อหมักที่ตามด้วยบ่อกึ่งหมักและบ่อผึ่ง
- ระบบบ่อหมักที่ตามด้วยบ่อเติมอากาศและบ่อผึ่ง
- ระบบบ่อหมักที่ตามด้วยบ่อกึ่งหมักและระบบตะกอนเร่ง

1) บ่อกึ่งไร้อากาศ (facultative ponds)

สภาวะช่วงบนของบ่อเป็นการย่อยสลายแบบมีออกซิเจน โดยรับออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย ส่วนบ่อช่วงล่างที่แสงส่องไม่ถึง และมีปริมาณออกซิเจนน้อยหรือไม่มีจะอยู่ในสภาวะแบบไร้ออกซิเจนซึ่งจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์ และแปรสภาพเป็นก๊าซต่าง ๆ ในลักษณะเดียวกับบ่อไร้อากาศ แต่ก๊าซที่ลอยขึ้นมาจะถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจนที่อยู่ช่วงบนของบ่อทำให้กลายเป็นก๊าซที่ไม่มีกลิ่นเหม็น (โดยทั่วไปบ่อกึ่งไร้อากาศจะมีความลึก 1.0 – 1.5 เมตร) ในทางปฏิบัติ โรงฆ่าสัตว์จะใช้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียต่อจากบ่อหมักไร้อากาศ

2) บ่อผึ่ง (oxidation pond)

มีความลึกประมาณ 0.5 – 1.0 เมตร ดังนั้นแสงแดดจะส่องทะลุตลอดความลึกของบ่อทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตได้ดีและสังเคราะห์แสงให้ออกซิเจนแก่จุลินทรีย์ในบ่อ อีกทั้งมีออกซิเจนถ่ายเทที่ผิวน้ำ น้ำในบ่อจึงอยู่ในสภาวะมีอากาศ เนื่องจากความสามารถในการให้ออกซิเจนของระบบต่ำ ทำให้อัตราการบรรทุกเชิงปริมาตรค่อนข้างต่ำ (ประมาณ 20 กรัมบีโอดีต่อตร.ม.ต่อวัน) ใช้พื้นที่มากในการสร้างระบบบำบัด น้ำเสียที่ออกจากระบบมีสาหร่ายปะปนออกมามาก ต้องมีบ่อผึ่งและบ่อบ่มมารองรับ

3) ระบบบ่อเติมอากาศ (aerated lagoon)

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่จุลินทรีย์ใช้ออกซิเจนจากเครื่องเติมอากาศ โดยทั่วไปบ่อมีความลึกประมาณ 2.5 – 4.0 เมตร ระบบนี้ใช้พื้นที่น้อยกว่าบ่อกึ่งไร้อากาศและบ่อผึ่งมาก การเติมอากาศแบ่งเป็น 2 แบบ คือ

- แบบมีการผสมแบบสมบูรณ์ แบบนี้เครื่องเติมอากาศต้องมีกำลังมากพอที่จะทำให้ตะกอนทั้งหมดแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ จึงไม่มีการตกตะกอนที่ก้นบ่อ และ มีออกซิเจนทั่วถึงทั้งระบบ
- แบบผสม เครื่องเติมอากาศในระบบมีกำลังมากพอที่จะให้ออกซิเจนเพียงพอทั้งระบบ แต่ไม่มากพอที่จะทำให้ตะกอนทั้งหมดแขวนลอยอยู่ในน้ำ ดังนั้นจึงมีตะกอนบางส่วนที่จมลงก้นบ่อถูกย่อยสลายแบบไร้อากาศ

4) ระบบตะกอนเร่ง (activated sludge process)

ในระบบนี้มีการย่อยสลายสารอินทรีย์อย่างรวดเร็ว โดยอาศัยจุลินทรีย์จำนวนมากที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ตะกอนในถังเติมอากาศและมีการควบคุมความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในระบบที่เหมาะสม โดยการหมุนเวียนเอาจุลินทรีย์บางส่วนในถังตะกอนกลับมาในถังเติมอากาศ ขณะที่จุลินทรีย์ส่วนเกินจะถูกนำไปกำจัด น้ำใสส่วนบนจะถูกระบายออกไป วิธีนี้ทำให้คุณภาพน้ำที่บำบัดได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้ง ระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละแบบมีข้อดีและข้อเสียต่างกันไป ดังการเปรียบเทียบที่แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของระบบบำบัดน้ำเสียชนิดเติมอากาศชนิดต่างๆ

ข้อดี-ข้อเสีย	ประเภทของระบบบำบัดเสีย			
	ระบบบ่อธรรมชาติ(1) (บ่อกึ่งไร้อากาศ-บ่อผึ่ง)	บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน (2)	ระบบบ่อเติมอากาศ (1)	ระบบตะกอนเร่ง (1)
ข้อดี	1.ไม่ต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีความรู้สูง 2.สิ้นเปลืองพลังงานน้อย 3.สิ้นเปลืองค่าก่อสร้างน้อย 4.ค่าดำเนินการต่ำ 5.รับความแปรปรวนของน้ำเสียได้สูง	1.ไม่ต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีความรู้สูง 2.สิ้นเปลืองพลังงานน้อย 3.สิ้นเปลืองค่าก่อสร้างน้อย 4.ค่าดำเนินการต่ำ 5.รับความแปรปรวนของน้ำเสียได้สูง 6.ไม่มีปัญหาเรื่องกลิ่น	1.ไม่ต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีความรู้สูง 2.สิ้นเปลืองพลังงานปานกลาง 3. ก่อสร้างง่ายไม่ต้องสูบตะกอน	1. มีประสิทธิภาพสูง 2.ใช้พื้นที่น้อย 3.ไม่มีปัญหาเรื่องกลิ่น 4. คุณภาพน้ำทิ้งได้มาตรฐาน
ข้อเสีย	1.ใช้พื้นที่มาก 2. มีประสิทธิภาพต่ำ 3. ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้ยาก 4.สภาพอากาศมีผลต่อระบบ	1.ใช้พื้นที่มาก(น้อยกว่าแบบแรก) 2. มีประสิทธิภาพต่ำ(สูงกว่าแบบแรก) 3. ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้ยาก 4.สภาพอากาศมีผลต่อระบบ	1.มีตะกอนหลุดไปกับน้ำทิ้ง 2. มีประสิทธิภาพต่ำ 3.ใช้พื้นที่มาก 4. อาจจะเกิดฟองจากการเติมอากาศ 5. ขอบบ่อและก้นบ่อชำรุดง่าย	1.ใช้พลังงานสูงกว่าระบบอื่น 2. มีตะกอนต้องกำจัดเป็นประจำ 3.ต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีความรู้สูง 4. มีปัญหาเรื่องตะกอนในถังสุดท้าย 5. ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและ

2.3 คุณสมบัติน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์

น้ำเสียและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงฆ่าสัตว์ในประเทศไทยโดยเฉลี่ยมีลักษณะสมบัติเป็นดังในตารางที่ 2.2

2.4 คุณสมบัติน้ำเสียหลังการบำบัดของโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี

น้ำเสียที่ได้จากการทดลองเป็นน้ำเสียที่ได้จากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณ บุรี โดยฆ่าโคและสุกรเฉลี่ยวันละ 50 ตัว มีปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นประมาณ 21 ลบ.ม.ต่อวัน น้ำเสียส่วนใหญ่เกิดจากการล้างซากและล้างพื้น

น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีที่นำมาใช้เป็นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นแล้วโดยระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้เป็นบ่อดักขยะและไขมัน ตามด้วยบ่อหมักไร้อากาศขนาดกว้าง 14.5 เมตร ยาว 39 เมตร ลึก 2.5 เมตร มีคุณสมบัติน้ำเสียออกจากระบบบำบัดขั้นต้น ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียและน้ำทิ้งเฉลี่ยจากโรงฆ่าสัตว์ในประเทศไทย

ซีโอดี (มก./ล.)		ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)		ซีโอดี/บีโอดี		ทีเคเอ็น (มก./ล.)	
น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
1928	88.77	580	37.8	1.76	5.96	225.56	54.8

(ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2539)

ตารางที่ 2.3 ลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งเฉลี่ยจากบ่อหมักไร้อากาศโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี

บีโอดี (มก./ล.)	ซีโอดี (มก./ล.)	ซีโอดี/บีโอดี	ทีเคเอ็น (มก./ล.)
139.7	413.6	2.96	242.6

2.5 บึงประดิษฐ์ (Constructed Wetlands)

บึงประดิษฐ์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่พัฒนามาจากพื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติ โดยบึงประดิษฐ์มีข้อดีของพื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติ และถูกออกแบบให้สามารถควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของพื้นที่ชุ่มน้ำ ทำให้การทำงานของระบบค่อนข้างคงที่ และดีกว่าพื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติ

2.5.1 ประเภทของบึงประดิษฐ์

1) แบบน้ำไหลเหนือผิวดิน (Free Water Surface Systems)

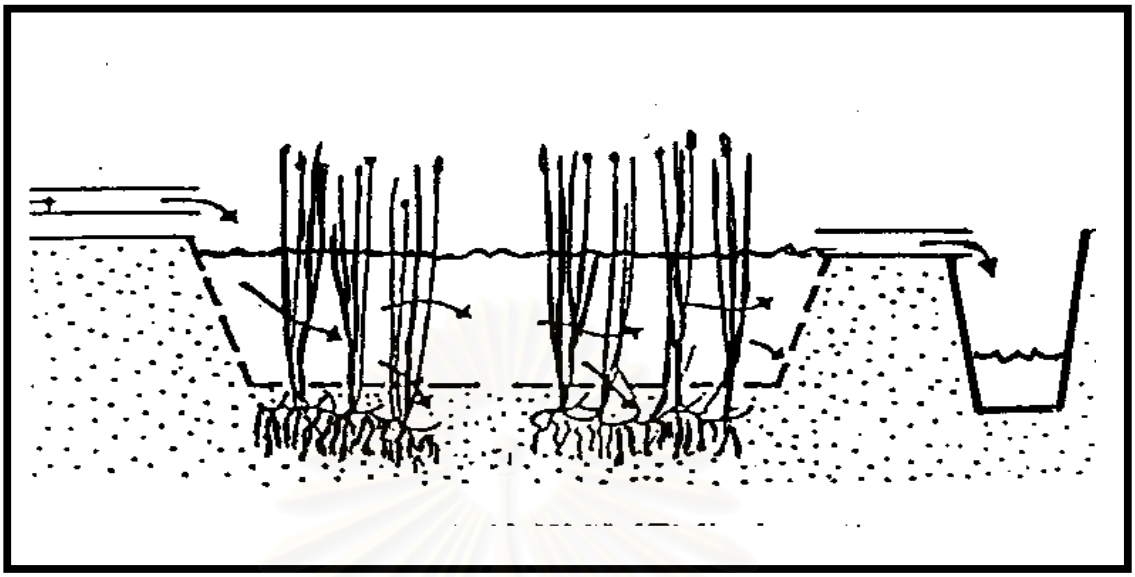
เป็นรูปแบบเก่าแก่ของบึงประดิษฐ์ ซึ่งมีใช้ในประเทศเนเธอร์แลนด์มานานแล้ว ลักษณะทั่วไปประกอบด้วยบ่อที่มีการปูวัสดุกันซึมที่ก้นบ่อ มีชั้นตัวกลางเป็นที่ให้พืชยึดเกาะและมีน้ำไหลผ่านเหนือผิวดิน น้ำลึกประมาณ 18 นิ้ว โดยทั่วไปจะมีความกว้าง 3 - 5 เมตร ยาวมากกว่า 100 เมตร ส่วนของพืชที่จมน้ำจะเป็นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์ จากลักษณะที่มีระดับน้ำตื้น น้ำไหลช้า ๆ มีพืชและวัสดุรองพื้นช่วยควบคุมการไหลเหนือผิว ดังรูปที่ 2.3

2) แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน (Subsurface flow constructed wetlands)

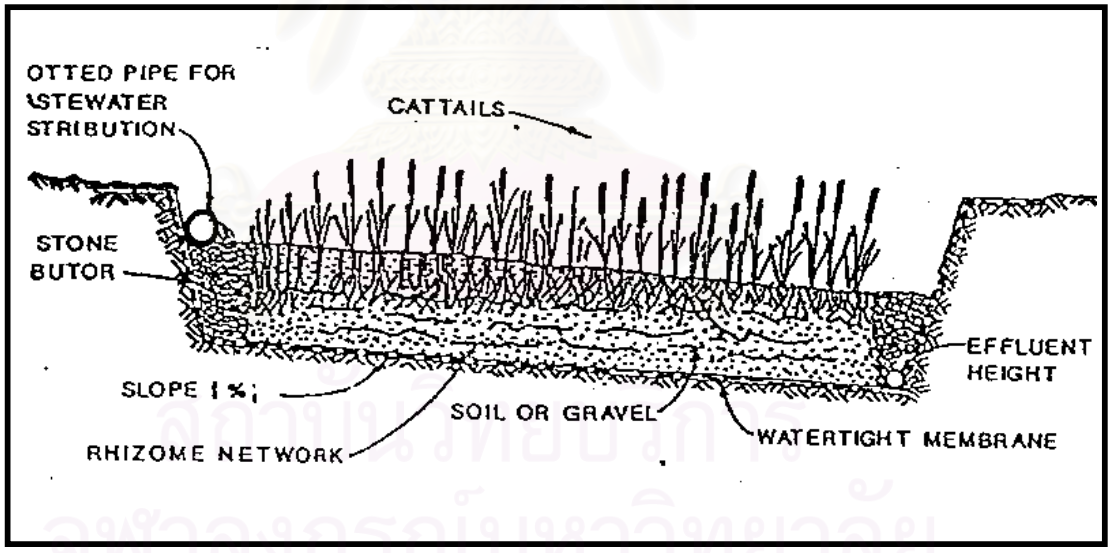
แบ่งเป็น 2 รูปแบบการไหล คือ

– น้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน(Horizontal subsurface flow constructed wetlands)

แนวความคิดของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินถูกพัฒนาในช่วงทศวรรษ 1970 (Brix H.,1987) และ (Kickuth R ,1977) ลักษณะโดยทั่วไปประกอบด้วยชั้นตัวกลางที่ปลูกพืชเช่นต้นอ้อ (Common Reed Phragmites australis) และรองพื้นด้วยชั้นกันซึม ชั้นตัวกลางอาจเป็นดินหรือกรวดก็ได้ ระหว่างการไหลผ่านของน้ำผ่านบริเวณรากของต้นพืชนั้น สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ และไนโตรเจนจะเปลี่ยนรูปไป ส่วนฟอสฟอรัสและโลหะหนักจะถูกยึดอยู่ในดิน พบว่าบึงประดิษฐ์สามารถกำจัด บีโอดี และของแข็งแขวนลอยได้ดี ส่วนไนโตรเจนและฟอสฟอรัสขึ้นกับอัตราภาระไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และชนิดของน้ำเสีย ดังรูปที่ 2.4



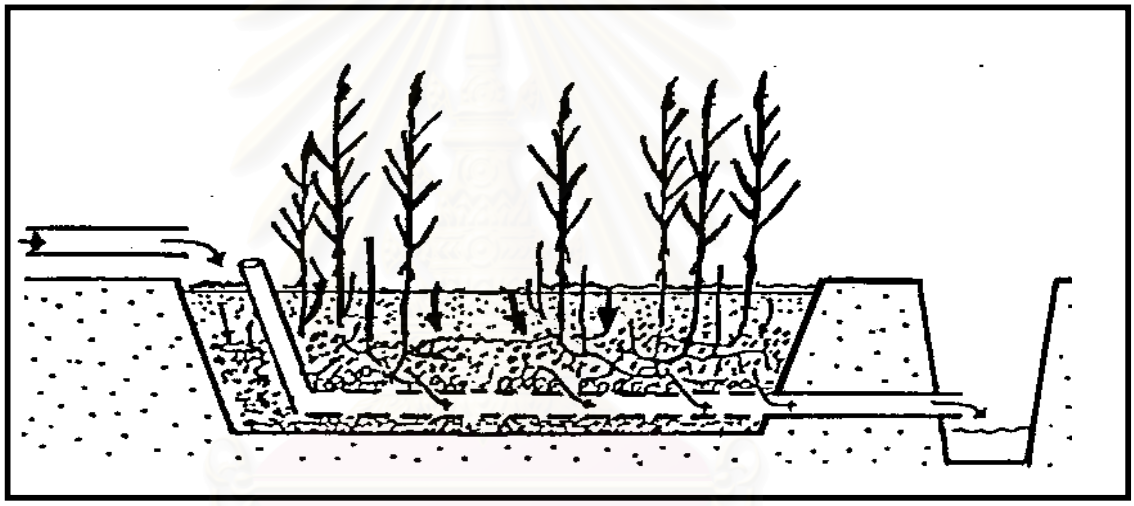
รูปที่ 2.3 บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลเหนือผิวดิน (Brix H.,1993)



รูปที่ 2.4 บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน (U.S. EPA., 1988)

– แบบน้ำไหลใต้ดินในแนวดิ่ง (Vertical subsurface flow constructed wetlands)

การออกแบบประกอบด้วยชั้นตัวกลางหลาย ๆ ชั้น วางในแนวขนานกันโดยมีน้ำไหลผ่าน การไหลไม่สม่ำเสมอ (Intermittent Loading) จะเพิ่มการถ่ายเทออกซิเจน (Oxygenatinon)เมื่อเปรียบเทียบกับแบบไหลในแนวนอนในระหว่างการเติมน้ำเข้าระบบ อากาศจะถูกดันออกจากช่องว่างระหว่างเม็ดดิน เมื่อชั้นดินแห้ง อากาศจะกลับเข้ามาอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินอีกครั้ง ซึ่งเป็นการเพิ่มออกซิเจน ยิ่งไปกว่านั้น การแพร่ของออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นระหว่างช่วงที่ดินแห้ง บึงประดิษฐ์แบบนี้พบว่ากำจัดของแข็งแขวนลอย บีโอดี แอมโมเนีย และฟอสฟอรัสได้ดี ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ดินในแนวดิ่ง (Brix H., 1993)

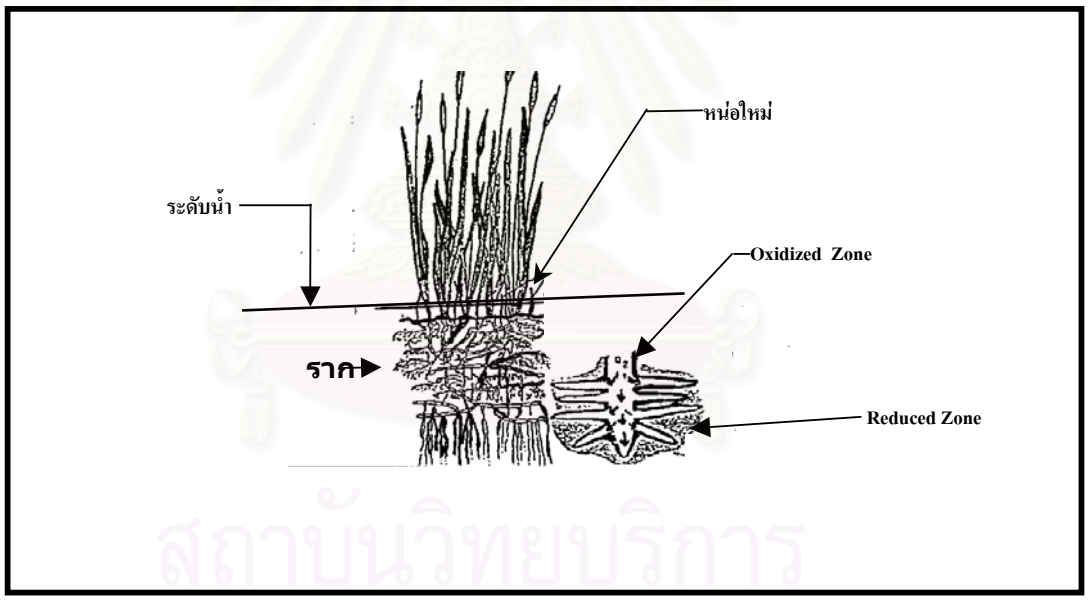
2.5.2 องค์ประกอบในบึงประดิษฐ์

1) พืช (Macrophyte)

พืชเป็นองค์ประกอบที่สำคัญโดยทำหน้าที่หลักคือ สร้างสิ่งแวดล้อมให้กับจุลินทรีย์ ช่วยชะลอการไหลและลดความเร็วของน้ำ ช่วยเพิ่มการตกตะกอนของสารแขวนลอย รากเป็นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ ใบ ลำต้น และรากเป็นตัวนำก๊าซจากชั้นบรรยากาศลงมายังราก ทำให้บริเวณรอบ ๆ รากฝอยเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ ที่มีช่องว่างอากาศ (Thin Film

Aerobic Region) บริเวณห่างออกไปจะเกิดสภาพไร้ออกซิเจน ซึ่งรอยต่อนี้มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนและสารอื่น ๆ ในรูปที่ 2.6

โดยในปัจจุบันนิยมใช้พืชพวกที่โผล่พ้นน้ำมากกว่าพวกพืชที่ลอยน้ำ พืชที่พบทั่วไป คือ ธูปฤาษี (Typha spp) กก (Scirpus spp) อ้อ (Phragmites spp) ธูปฤาษีพบได้ทั่วโลก เช่น ธูปฤาษีใบแคบ (Tygha augustifolia) และธูปฤาษีใบกว้าง (Typha latifolia) พีเอชที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 4 – 10 โดยธูปฤาษีใบแคบจะทนความเค็มได้มากกว่า (ประมาณ 1530 พี.พี.ที.) ต้นธูปฤาษีจัดเป็นพืชที่เติมโตเร็วโดยรากจะกระจายในแนวด้านข้าง รากจะทะลุชั้นกรวดได้ประมาณ 30 เซนติเมตร สามารถทนน้ำท่วมได้ดี และทนต่อความแห้งแล้งได้ เป็นพืชที่ช่วยในการบำบัดน้ำเสียได้ดี สามารถลดปริมาณบีโอดีและซีโอดีในน้ำเสีย สามารถช่วยกำจัดสารฆ่าแมลงและโลหะหนักบางชนิดได้



รูปที่ 2.6 การถ่ายเทออกซิเจนบริเวณรากพืช

(Hammer D.A. และ Bastian R.K., 1989)

2) ชั้นของตัวกลาง (Substrate)

หมายถึงชั้นของวัสดุที่เป็นตัวกลางให้พืชยึดเกาะ เช่น กรวด ทราย ดิน หรือใช้รวมกันควรมีค่าการซึมน้ำต่ำ มีปริมาณเพียงพอที่จะรักษาความชื้นให้พอเพียงให้พืชเจริญเติบโต ช่องว่างในตัวกลางเป็นช่องทางการไหลของน้ำในบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน เป็นที่ยึดเกาะของรากพืช นอกจากนี้ชั้นของตัวกลางยังเป็นบริเวณที่จะเก็บกักสารเคมีบางชนิดไว้ในระบบอีกด้วย ลักษณะทางกายภาพของตัวกลางมีความสำคัญต่อการบำบัดน้ำเสีย ตัวกลางที่มีขนาดใหญ่จะมีเวลาสัมผัสน้อยกว่าตัวกลางที่มีขนาดเล็ก แต่หากตัวกลางมีขนาดเล็กเกินไป แม้ว่าระยะเวลาสัมผัสจะมากแต่รากพืชก็จะแทรกผ่านได้ยากด้วย จึงต้องมีความระมัดระวังในการเลือกขนาดและชนิดตัวกลาง

3) จุลินทรีย์ (Microorganism)

จุลินทรีย์ที่พบได้ในบึงประดิษฐ์ได้แก่ แบคทีเรีย รา สาหร่าย และ โปรโตซัว จุลินทรีย์เหล่านี้จะเปลี่ยนสารปนเปื้อนในน้ำเสียให้เป็นอาหารและพลังงาน เพื่อดำเนินวงจรชีวิตแบคทีเรียและสาหร่ายสามารถเพิ่มการตกตะกอนผลึกของเหล็ก แมงกานีส และโลหะบางชนิด เนื่องจากกระบวนการต่าง ๆ ของแบคทีเรียจะส่งเสริมปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและรีดักชั่นของมวลสารต่าง ๆ แบคทีเรียจะยึดตัวมันเองติดกับระบบรากพืชและทำหน้าที่คล้ายกับที่ทำในระบบโปรยกรอง ความลึกของน้ำจะมีอิทธิพลต่อสภาวะการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน หรือการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ที่ความลึกมากกว่า 3 ฟุต อิทธิพลของสภาวะการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนเนื่องจากจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะใช้ซัลเฟตและ เฟอริกไอออนในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในสภาวะ anoxic มีมากกว่าสภาวะการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนมีอิทธิพลมากกว่าที่บริเวณผิวน้ำ

4) น้ำ

น้ำที่ไหลผ่านเหนือและใต้ผิวดินจะพัดพาสารต่าง ๆ และก๊าซออกซิเจนมาให้จุลินทรีย์ น้ำจะช่วยพัดพาสิ่งที่ไม่จำเป็นทิ้งไปให้ระบบ มีความเหมาะสมอ นอกจากนี้ยังช่วยสร้างสิ่งแวดล้อมให้กับกระบวนการทางชีวเคมีของจุลินทรีย์และพืช ความลึกของน้ำยังมีผลต่อประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลเหนือผิวดิน ซึ่งถ้าจะทำให้มีประสิทธิภาพดีน้ำควรลึกไม่เกิน 18 นิ้ว นอกจากนี้ความเร็วในการไหลของน้ำ ยังเป็นตัวกำหนดเวลากักเก็บน้ำเสียไว้ในระบบซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบด้วย

2.5.3 กลไกของการบำบัดในบึงประดิษฐ์

การบำบัดน้ำเสียในบึงประดิษฐ์ต้องอาศัยการทำงานของกระบวนการหลายอย่างทั้งการตก-ตะกอน การตกตะกอนทางเคมี การดูดติดผิว การดูดซึมโดยพืช การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ซึ่งกระบวนการต่าง ๆ เหล่านี้ อาจจะเกิดอย่างเป็นอิสระต่อกันหรือมีผลต่อเนื่องกันก็ได้

1) การกำจัด บีโอดี และซีโอดี

บีโอดี ซีโอดีและปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเป็นตัวตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำ Roger & Fiona (1985) รายงานว่า ในบึงประดิษฐ์ ตะกอนสารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะตกตะกอนเมื่อความเร็วของน้ำลดลง ในขณะที่สารอินทรีย์ที่แตกตัวจะถูกจุลินทรีย์ใช้ไปอย่างรวดเร็ว ส่วนที่ย่อยสลายยากจะรวมตัวกับสารอินทรีย์ตกตะกอน ผลกระทบต่ออัตราการเกิดเมตาโบลิซึ่มของจุลินทรีย์ชนิดใช้อากาศ ประกอบด้วยอุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน พีเอช ความเข้มข้นของสารอาหาร ตะกอนสารอินทรีย์จะตกตะกอนอย่างรวดเร็วและเข้าสู่สภาวะสงบนิ่ง

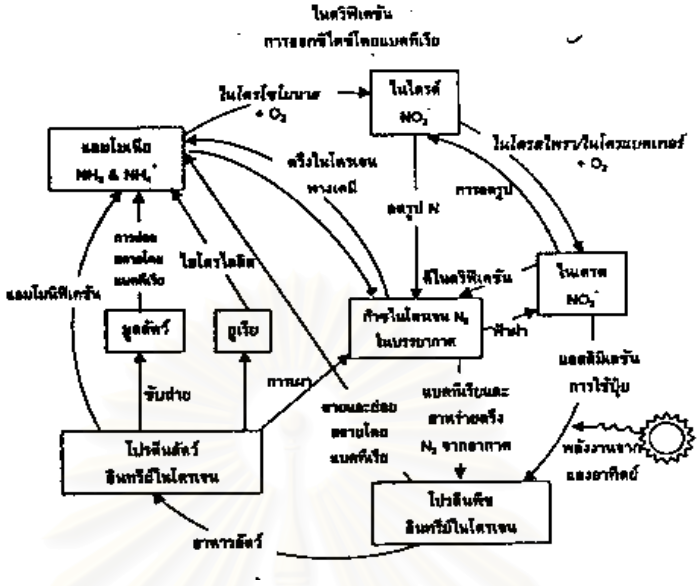
2) การกำจัดตะกอนแขวนลอย

ตะกอนแขวนลอยจะถูกกำจัดในช่วงการตกตะกอน สามารถทำให้การตกตะกอนเพิ่มมากขึ้นได้ด้วยการลดความเร็วการไหลและใช้ความลึกการไหลน้อย ๆ นอกจากนี้การกำจัดตะกอนแขวนลอยยังเกิดขึ้นโดยการกรองผ่านตัวกลางและต้นพืช ตะกอนแขวนลอย และมวลชีวภาพจะถูกย่อยสลายในชั้นตะกอนดิน

3) การกำจัดไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่หมุนเวียนอยู่ในชั้นบรรยากาศ ในดิน และในสิ่งมีชีวิต วัฏจักรไนโตรเจนในธรรมชาติมีลักษณะดังรูปที่ 2.7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

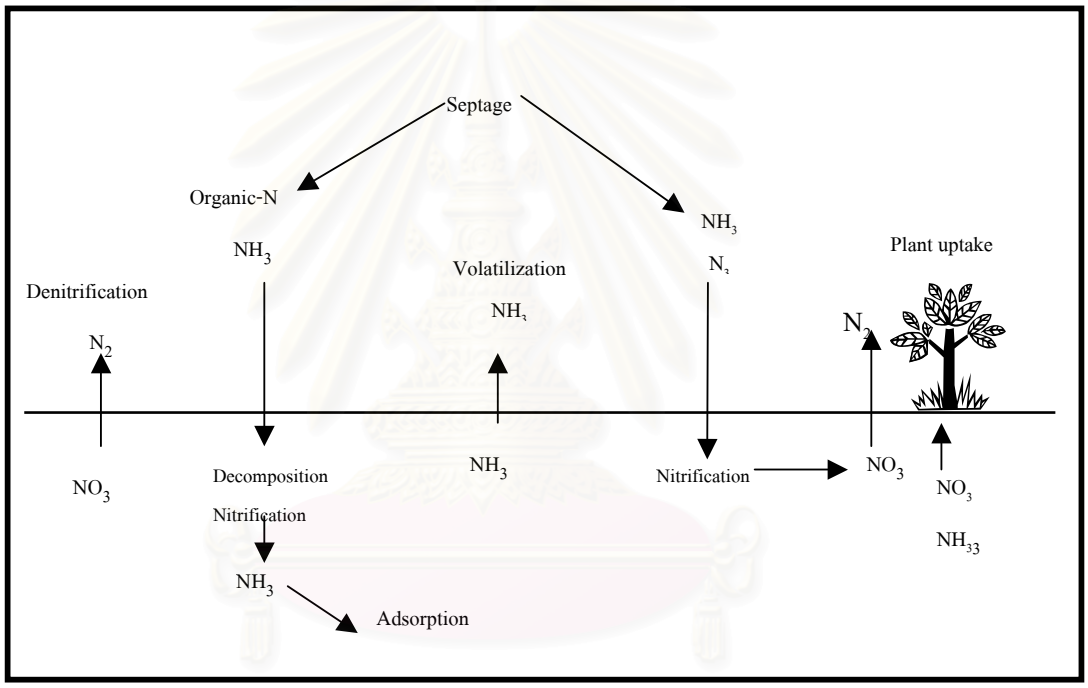


รูปที่ **2.7** วัฏจักรไนโตรเจนในธรรมชาติ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2544)

วิธีกำจัดไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์ประกอบด้วยการดูดซึมโดยพืช การดูดติดผิวดิน การระเหยของแอมโมเนีย ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นและดีไนตริฟิเคชั่น กระบวนการกำจัดไนโตรเจน ส่วนใหญ่ในบึงประดิษฐ์คล้ายกับวัฏจักรไนโตรเจนในธรรมชาติ แต่จะไม่มี Leaching Processในบึงประดิษฐ์เพราะน้ำใต้ดินต้องไม่ถูกปนเปื้อนโดยน้ำจากบึงประดิษฐ์ การกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียในบึงประดิษฐ์อธิบายได้โดยรูปที่ 2.8 Reed และคณะ (1988) เชื่อว่าการดูดซึมไนโตรเจนของพืชเป็นเพียงส่วนน้อยของการกำจัดไนโตรเจนทั้งระบบ (น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้หากพีเอชในบึงประดิษฐ์ถูกควบคุมให้เป็นกลาง การระเหยของแอมโมเนียที่มีน้อยกว่าร้อยละ 10 ถือเป็นสัดส่วนที่ต่ำ (Mtcalf & Eddy, 1991)

กลไกการกำจัดไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในระบบบึงประดิษฐ์ส่วนใหญ่เกิดจากปฏิกิริยา ไนตริฟิเคชั่น และดีไนตริฟิเคชั่น (Brix, 1993) แอมโมเนียอิออนจะให้อิเล็กตรอนแก่ไนเตรทในดินที่มีอากาศในช่องว่าง (Polprasert, 1996) ออกซิเจนที่ใช้ในปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นได้จากทั้งบรรยากาศและจากผิวน้ำหรือไหลซึมมาจากรากพืชปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นเกิดโดยแอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์ให้เป็นไนเตรทโดยไนตริไฟอิงแบคทีเรียในบริเวณที่มีออกซิเจน และปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชั่นเกิดจากไนเตรทถูกเปลี่ยนให้เป็นก๊าซไนโตรเจนโดยดีไนตริไฟอิง แบคทีเรียในบริเวณที่ไม่มีออกซิเจนอัตราการเกิดไนตริฟิเคชั่นจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิ

เพิ่มขึ้นจนถึงช่วงที่เหมาะสมที่สุด คือระหว่าง 25 ถึง 30 องศาเซลเซียส โดยจะสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นออกซิเจนสูงขึ้นและพีเอชที่เหมาะสม (ระหว่าง 8 – 9) การเกิดปฏิกิริยาจะหยุดชะงักเมื่อพีเอชต่ำกว่า 6 หรือสูงกว่า 10 ถ้าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนและไนโตรท์ ไนโตรเจนมากอาจจะเป็นตัวขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่า พีเอช และสารเคมีอื่นๆ เช่น Organic Sulpher Compounds, Phenol , Cyanide aniline compounds (Roger และ Fiona 1985)



รูปที่ 2.8 กลไกการกำจัดไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์

(Metcalf และ Eddy, 1991)

Pinisakul (1997) รายงานว่าค่าอัตราภาระไนโตรเจนที่เหมาะสมกับบึงประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำโสโครก คือ 3.3 ถึง 13.0 กก.ไนโตรเจนต่อตร.ม.-วัน ตามลำดับ ที่สภาวะนี้ระบบมีประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนสูงถึงร้อยละ 92 - 99 อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนของระบบจะสูงขึ้นตามการสะสมของตัวตะกอน

4) การกำจัดฟอสฟอรัส

กลไกหลักของการกำจัดฟอสฟอรัสในบึงประดิษฐ์คือกลไกการดูดติดผิวและการดูดซึมโดยพืช Roger และ Fiona (1985) รายงานว่า 2 กลไกหลักการในกำจัดฟอสฟอรัส คือการดูดซึมโดยต้นพืชและการกักเก็บไว้ของชั้นตะกอน

5) การกำจัดเชื้อโรค

แบคทีเรียต่าง ๆ จะถูกดูดติดกับผิวของอนุภาคสารอนินทรีย์และจะถูกกำจัดออกจากน้ำเมื่ออนุภาคนั้นตกตะกอนลง อัตราการดูดติดผิวขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคของอนินทรีย์สาร อนุภาคขนาดเล็กมีอัตราการดูดติดผิวสูงกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ และแบคทีเรียต่างชนิดกันจะมีความเร็วในการดูดติดผิวต่างกัน การลดลงของโคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่ในช่วงร้อยละ 86 ถึง 99

2.5.4 อัตราการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น ดีไนตริฟิเคชั่น การลดลงของ ซีโอดี

1) อัตราการเกิดไนตริฟิเคชั่น

ไนตริไฟเออร์ เป็น Autotrophic microoganism ที่ได้พลังงานเพื่อการเจริญเติบโตมาจากการออกซิไดซ์ Nitrogen compounds ดังสมการต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 โดยแบคทีเรียชื่อ Nitrosomanas

$$NH_4^+ + 3/2\ O_2 \longrightarrow NO_2^- + 2H^+ + H_2O$$

ขั้นที่ 2 โดยแบคทีเรียชื่อ Nitrobactor

$$NO_2^- + 1/2\ O_2 \longrightarrow NO_3^- \qquad (2.2)$$

แอมโมเนียอิออนเมื่อได้รับพลังงงานจะถูกดูดซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อมวลชีวภาพที่เกิดขึ้น สามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$4\ CO_2 + HCO_3^- + NH_4^+ + H_2O \longrightarrow C_5H_7O_2N + 5O_2$$

ในส่วนการเกิดปฏิกิริยานี้มีส่วนของบีโอดีต่อทีเคเอ็นเป็น 0.21 (Metcalf และ Eddy, 1991)

2) อัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชั่น

การกำจัดไนโตรเจนโดยทำให้ไนเตรทย้อนกลับไปเป็นก๊าซไนโตรเจนสามารถทำได้โดยวิธีทางชีวภาพภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนระบบการทำงานของเอมไซม์ 2 ชนิดที่มีส่วนในการลดไนเตรท คือในปฏิกิริยาการลดลงของไนโตรเจน ไนเตรทจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียไนโตรเจนเพื่อให้เซลล์นำไปใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อ ส่วนอีกกระบวนการหนึ่งไนเตรทจะเปลี่ยนไปเป็นก๊าซไนโตรเจนโดย Heterotropic Metabolism ในน้ำเสียที่เกิดปฏิกิริยานี้ต้องมีสารอินทรีย์ที่จะเป็นแหล่งพลังงานเพื่อเปลี่ยนไนเตรทให้เป็นก๊าซไนโตรเจน

สมการการกำจัดไนเตรทมีดังนี้

$$NO_3^- + 1.08\ CH_3OH + H^+ \longrightarrow 0.0650\ C_5H_7O_2N + 0.47N_2 + 0.76CO_2 + 2.44\ H_2O$$

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น คือความเข้มข้นของไนเตรทความเข้มข้นของคาร์บอน อุณหภูมิ พีเอช (ช่วงพีเอชที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 6.5 –7.5)

3) อัตราการลดลงของ ซีโอดี

การกำจัดสารอินทรีย์คาร์บอนมักจะวัดจาก บีโอดี ทีโอซี ซีโอดี ในการบำบัด โดยกระบวนการที่ใช้แบคทีเรียแขวนจะทำการบำบัดตามการออกซิเดชั่นและการสังเคราะห์ ดังในสมการนี้

$$CHONS(\text{สารอินทรีย์}) + O_2 + \text{nutriernts} \longrightarrow CO_2 + NH_3 + C_5H_7O_2N\ (\text{เซลล์ใหม่}) + \text{ผลผลิตสุดท้าย}$$

<u>Endogenous respiration</u>

$$C_5H_7NO_2 + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O + NH_3 + \text{energy}$$

อัตราการแตกตัวขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความเข้มข้นของออกซิเจน พีเอช สารอาหารและความเข้มข้นของตัวกลาง ลักษณะของสารประกอบอินทรีย์ก็มีผลต่ออัตราการแตกตัว ดังนั้นช่วงของอัตราการแตกตัวจึงกว้างมาก

ตารางที่ 2.4 เป็นตารางที่รวบรวมกลไกการบำบัดน้ำเสียในบึงประดิษฐ์จากรายงานการศึกษาวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น

ตารางที่ 2.4 กลไกการบำบัดน้ำเสียในบึงประดิษฐ์

ส่วนประกอบในน้ำเสีย	กลไกการจัดการ
ของแข็งแขวนลอย	การตกตะกอนและการกรอง
สารอินทรีย์	การย่อยสลายโดยจุลชีพ การตกตะกอน(โดยการสะสมตัวของสารอินทรีย์หรือของตะกอนแขวนลอย)
ไนโตรเจน	ไนตรฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชัน การดูดซึมโดยพืช การระเหยในรูปแอมโมเนีย
ฟอสฟอรัส	การตกตะกอนผลึกและดูดซับโดยตะกอน การดูดซึมโดยพืช
เชื้อโรค	การตายโดยธรรมชาติ การตกตะกอนและการกรอง UV radiation

ที่มา : Kadlec และ Knight , 1991

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Limsuwan (1997)

ศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำให้ตะกอนจากถังเกรอะแห้งโดยใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ดินในแนวดิ่งขนาดห้องทดลอง 2 ชุด และขนาดทดสอบ 3 ชุด และน้ำเสียที่ใช้ป้อนเข้าระบบเป็นน้ำตะกอนจากรถดูดส้วมของกรุงเทพมหานคร พืชที่ใช้ปลูกคือต้นธูปฤาษี ผลการทดลองพบว่าที่อัตราภาระบรรทุกตะกอนที่ 80 – 125 กก.ตะกอน / ตร.ม.-ปี ทีความเหมาะสมที่เวลาเก็บกัก 7 วัน มีประสิทธิภาพการกำจัด ตะกอนแขวนลอย ซีโอดี บีโอดี ฟีกัล - โคลิฟอร์ม ได้มากกว่าร้อยละ 96

หลังการทดลองผ่านไป 1 สัปดาห์พบว่า ตะกอนจากบึงประดิษฐ์ขนาดห้องทดลองมี ตะกอนเพิ่มขึ้นร้อยละ 33 และขนาดทดสอบ เพิ่มขึ้นร้อยละ 65 การป้อนน้ำตะกอนที่ 40 กก.ตะกอน / ตร.ม.-ปี ส่งผลให้พืชขาดน้ำ ในขณะที่การป้อนที่ 250 กก.ตะกอน / ตร.ม.-ปี ทำให้ได้ตะกอนที่แห้งแล้วมีปริมาณตะกอนร้อยละ 14 หลังจากปล่อยให้แห้ง 1 สัปดาห์ การป้อนน้ำตะกอน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ทำให้พืชโตได้ดีกว่า และคุณภาพน้ำดีกว่าการป้อน 1 ครั้งต่อสัปดาห์

Phanuwan (1999)

ศึกษาตัวแปรหลักที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลเหนือผิวดินในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนในพื้นที่เขตร้อนหาค่าความเปลี่ยนแปลงของการกำจัดสารอินทรีย์ โดยใช้แปลงทดลองขนาดทดสอบ 4 แปลง ปลูกต้นธูปฤาษี พร้อมกับบึงประดิษฐ์ขนาดเท่าจริงได้ถูกก่อสร้างขึ้นเพื่อเปรียบเทียบผล

ศึกษาผลของภาระการเก็บกักทางชลศาสตร์ โดยเปลี่ยนแปลงภาระการเก็บกักทางชลศาสตร์ที่ 5 8 และ 14 วัน ควบคุมค่าอัตราภาระสารอินทรีย์ที่ 100 กิโลกรัม ซีโอดี / เฮกเตอร์-วัน พบว่ามีประสิทธิ-ภาพในการกำจัดบีโอดีเท่ากับร้อยละ 91 96 และ 98 และซีโอดีเท่ากับร้อยละ 95 97 และ 98 ตามลำดับ สำหรับระยะเวลาเก็บกักน้ำที่ 5 8 และ 14 วัน ตามลำดับ ในตอนต้นพบว่า ค่า k_{20} มีค่าอยู่ในช่วง 0.060 – 0.095 วัน$^{-1}$ และ 0.109 – 0.112 วัน$^{-1}$ สำหรับบีโอดี และซีโอดี ตามลำดับ และค่า k_{20} จะเพิ่มขึ้นตามการลดลงของภาระการเก็บกักทางชลศาสตร์

ศึกษาผลของอัตราภาระสารอินทรีย์ โดยการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราภาระสารอินทรีย์ที่ 35 84และ 137 กิโลกรัม ซีโอดี / เฮกเตอร์ – วัน ควบคุมภาระการเก็บกักทางชลศาสตร์ที่ 8 วัน พบว่ามี

ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี และซีโอดี เป็นร้อยละ 67 79 และ 77 และร้อยละ 81 85 และ 819 ตามลำดับ

สำหรับค่าอัตราภาระสารอินทรีย์ 35 84 และ 137 กก. ซีโอดี / เฮกเตอร์ – วันตามลำดับ จะเห็นว่าประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี และซีโอดี สูงสุดที่ 84 กก. ซีโอดี / เฮกเตอร์-วัน และค่า k_{20} มีค่าอยู่ในช่วง 0.060 – 0.095 วัน$^{-1}$ และ 0.109 – 0.112 วัน$^{-1}$ สำหรับบีโอดี และซีโอดี ตามลำดับ

ตามการทดสอบโดยวิธีของ ANOVA ที่ค่า p น้อยกว่า 0.05 ไม่มีความแตกต่างที่สังเกตได้ระหว่างค่าภาระการเก็บกักทางชลศาสตร์ที่ 8 และ 14 แต่ที่ค่าภาระทางชลศาสตร์ 8 วันจะให้ผลคุ้มค่ากว่า

รัตนา (2542)

ศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดบึงประดิษฐ์ในการกำจัดแคดเมียมออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ และศึกษาการสะสมแคดเมียมในระบบที่มีตัวกลางต่างกัน 3 ชนิด คือทราย ดินปนทราย และดิน ที่มีความเข้มข้นของแคดเมียมในน้ำเข้าเท่ากับ 1 5 10 และ 20 มก./ล. ที่ระยะเวลาการเก็บกัก 5 วัน โดยมีอัตราการไหล 4 ล./วัน สำหรับตัวกลางทราย อัตราการไหล 4.4 ล./วัน สำหรับตัวกลางดินปนทราย อัตราการไหล 5 ล./วัน สำหรับตัวกลางทราย และการศึกษาการสะสมตัวของแคดเมียมทั้งในตัวกลางและในพืช

ผลการทดลองพบว่าบึงประดิษฐ์สามารถลดปริมาณแคดเมียมลงเหลือน้อยกว่า 0.03 มก. / ล. เมื่อความเข้มข้นแคดเมียมในน้ำเข้าน้อยกว่า 5 มก. / ลิตร ส่วนเมื่อความเข็มข้น 10 และ 20 มก. / ล. สามารถกำจัดได้มากกว่าร้อยละ 99 แคดเมียมส่วนใหญ่สะสมในตัว กลางมากกว่าร้อยละ 90 เมื่อนำตัวกลางที่ผ่านการทดลองแล้วมาศึกษาการชะละลาย พบว่าตัวกลางดินสามารถดูดซับแคดเมียมได้มากกว่าตัวกลางทราย ตัวกลางดินและดินปนทรายหลังการใช้บำบัดแคดเมียมแล้วมีค่าการ ชะละลายต่ำกว่าค่ามาตรฐานกำหนดคือน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงไม่จัดเป็นของเสียอันตราย

วรากร(2543)

ศึกษาการทำงานของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินเพื่อการบำบัดขั้นที่ 3 สำหรับน้ำชะขยะมูลฝอยโดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดระหว่างระบบบรรจุตัวกลางทราย และระบบที่ปลูกพืช 2 ชนิด คือต้นธูปฤาษี และเหงือกปลาหมอ ใช้ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน 5 วัน และ 10 วัน คิดภาระปริมาณน้ำที่ 3.9 2.2 และ 1.1 เซนติเมตรต่อวัน โดยป้อนน้ำเสียจากน้ำชะขยะมูลฝอยที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นแล้ว และมีค่าซีโอดี 500 มก. / ลิตร

ผลการทดลองพบว่าที่ระยะเวลาเก็บกักเท่ากัน ในระบบที่ปลูกเหงือกปลาหมอ และระบบควบคุมที่ไม่ปลูกพืชมีประสิทธิภาพในการกำจัดใกล้เคียงกัน ระบบที่ปลูกต้นธูปฤาษีมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยไนโตรเจนร้อยละ 78 ถูกกำจัดออกจากระบบโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่นในชั้นตัวกลางทราย

Huang และคณะ (2000)

ศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนของระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน โดยใช้แปลงทดลองขนาดห้องทดลองที่ปลูกต้นหญ้า (Wool grass) และต้นธูปฤาษี ระยะเวลาเก็บกัก 3 ช่วง คือ 2.6 3.9 และ 5.9 วัน และแปลงทดลองขนาดนำร่องที่ปลูกต้นหญ้า (Wool grass) และต้นธูปฤาษี ระยะเวลาเก็บกัก 4 8 และ 12 วัน โดยใช้น้ำเสียจากถังเกรอะของครอบครัวเดี่ยว

ผลการทดลองพบว่า แปลงทดลองขนาดห้องทดลองสามารถกำจัดแอมโมเนียได้ในช่วงร้อยละ 18.1 – 45.8 กำจัดทีเคเอ็นได้ในช่วงร้อยละ 31.3 – 45.8 และในโรงทดลองนำร่องสามารถกำจัดแอมโมเนียได้ในช่วง 44.4 – 73.4 และกำจัดทีเคเอ็นได้ในช่วงร้อยละ 46.2 – 67.5

พิรัฐพล (2544)

ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอนในการบำบัดน้ำเสียจากโรงกลั่นน้ำมันโดยปลูกต้นธูปฤาษีในชั้นตัวกลางดินปนทราย เมื่ออัตราการไหลและความเข้มข้นของน้ำมันเปลี่ยนแปลงไป การทดลองใช้แบบทดลองขนาดห้องทดลองจำนวน 6 ชุดการทดลอง ปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของน้ำมันในน้ำเสีย 3 ค่า คือ 5 10 และ 25 มก./ล. เปลี่ยนอัตราการไหล 4 ค่า คือ 3 6 12 และ 16 ล./วัน

จากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมัน และไขมัน ของแข็งแขวนลอย ทีเคเอ็น ทีโอซี และซีโอดี ที่อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ 6 ลิตรต่อวัน และมีความเข้มข้นของน้ำมันในน้ำเสียเป็น 5 มิลลิกรัมต่อลิตรเท่ากับร้อยละ 86.56 61.86 31.86 28.86 และ 64.06 ตามลำดับ นอกจากนี้ประสิทธิภาพของระบบสูงขึ้นเมื่ออัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบและความเข้มข้นของน้ำมันในน้ำเสียสูงขึ้น ค่าอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบ 12 ล./วันและความเข้มข้นของน้ำมันในน้ำเสีย 10 มก./ล. เป็นค่าสูงสุดในการทดลองที่ยังมีคุณภาพน้ำหลังการบำบัดอยู่ในมาตรฐานน้ำทิ้ง

กลอยกาญจน์ (2544)

ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส จากน้ำเสียชุมชน รวมถึงการสะสมตัวของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในบึงประดิษฐ์ที่มีตัวกลาง 2 ชนิดคือหินชนวนและหินชนวนปนทราย โดยป้อนน้ำเสียสังเคราะห์ 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 มีค่า ซีโอดี ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส เป็น 500 20 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ และชุดที่ 2 มีค่าเป็น 500 40 และ 10 มก./ล. ตามลำดับ พืชที่ปลูกคือพืชต้นธูปฤาษี

ผลการทดลองพบว่าสามารถกำจัดซีโอดี ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส จากน้ำเสียได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน โดยประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีและไนโตรเจนมีค่าสูงสุดเมื่อใช้ตัวกลาง ดินปนทราย ส่วนประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสสูงสุดในตัวกลาง ทรายปนหินชนวน ระบบที่ปลูกต้นธูปฤาษี และระบบควบคุมที่ไม่ปลูกพืชมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ใกล้เคียงกัน แต่ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจน และฟอสฟอรัสของระบบที่ปลูกต้นธูปฤาษีจะมีค่าสูงกว่า โดยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสส่วนใหญ่สะสมตัวในตัวกลาง ในตัวกลางดินปนทรายมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัส สะสมตัวอยู่ร้อยละ 65.3 และ36.0 ส่วนตัวกลางทรายปนหินชนวน มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัส สะสมตัวอยู่ร้อยละ 53.8 และ 41.1 ตัวกลางดินปนทรายมีประสิทธิภาพการกำจัดสูงสุดเมื่อน้ำมีซีโอดี เท่ากับ 500 มก./ล. ไนโตรเจน 40 มก./ล. และฟอสฟอรัส 10 มก./ล. ตัวกลางทรายปนหินชนวนมีประสิทธิภาพการกำจัดสูงสุดเมื่อน้ำมีซีโอดี 500 มก./ล. ไนโตรเจน 20 มก./ล. และฟอสฟอรัส 5 มก./ล.

Shepherd และคณะ (2001)

ศึกษาประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวน้ำในแนวนอน ขนาดโรงทดลองนำร่องขนาด กว้าง 2.4 เมตร ยาว 6.1 เมตร ลึก 1.2 เมตร ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานไวน์ขนาดกลาง (กำลังผลิต 2 ล้านขวดต่อปี) อัตราการไหลของน้ำเสียระหว่าง 80 ถึง 170 ลบ.ม./วัน ที่อัตราภาระสารอินทรีย์ 600 ถึง 45,000 มก. ซีโอดี./ล. การวิจัยวัดค่าเฉลี่ยการกำจัดซีโอดีเท่ากับร้อยละ 98 และการกำจัดอนุภาคแขวนลอยเท่ากับร้อยละ 97 โดยใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอนร่วมกับ การกรองด้วยทรายแบบไหลขึ้นได้อัตราการบำบัดดีที่สุดที่ 1640 กก.ซีโอดีต่อเฮกเตอร์-วัน หรือ 8 เท่าของค่าที่แนะนำ นอกจากนี้ระบบมีผลต่อการปรับพีเอชของน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรดอย่างมากอีกด้วย และสามารถกำจัดไนโตรเจนได้ ร้อยละ 78.2 กำจัดซัลเฟตได้ร้อยละ 98.5 กำจัดออโธฟอสเฟตได้ร้อยละ 63.3 กำจัดไขมันระเหยได้ร้อยละ 99.9 กำจัดฟีนอลได้ทั้งหมดส่วนแทนนิน และลิกนินกำจัดได้ร้อยละ 77.9

Coleman และคณะ (2001)

ศึกษาผลของพืช 3 ชนิด (Juncus effused ,Scirpus Ualidusและธูปฤาษี) ปลูกในแปลงทดลองขนาดเล็กรับน้ำเสียที่ถูกบำบัดขั้นต้นแล้ว โดยแปรความลึกในการทดลอง 2 ค่า (45 และ 60 ซม.) และใช้การปลูกพืช 5 แบบ (ปลูกพืชชนิดเดียวในแปลง ปลูกพืชผสม 3 ชนิดเท่ากันในแปลงเดียว และไม่ปลูกพืช) แปลงทดลองถูกออกแบบให้เหมือนกับบึงประดิษฐ์ที่จะใช้บำบัดน้ำเสียจากชุมชนใน Virginia ตะวันตก โดยน้ำเข้าที่อัตราการไหล 19 ลิตรต่อวันและความถี่ 3 วันต่อครั้ง น้ำเสียที่เข้าแปลงทดลองแต่ละแปลงจะถูกเก็บตัวอย่างทุกเดือนเพื่อหาค่าตัวแปรทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ จากการศึกษาพบว่าของแข็งแขวนลอยลดลงร้อยละ 70 บีโอดีลดลงร้อยละ 70 ทีเคเอ็น แอมโมเนีย และฟอสฟอรัสลดลงร้อยละ 50 – 60 ความลึกของชั้นกรวดมีผลเล็กน้อยต่อประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์ แต่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นธูปฤาษี และ Scirpus กรวดที่เตรียมเป็นสิ่งสำคัญสำหรับระบบเช่นกัน ประสิทธิภาพในการบำบัดและอัตราการเจริญของต้นธูปฤาษีดีกว่า Scirpus และ Jucan นอกจากนี้ยังพบว่าการปลูกพืช 3 ชนิด ในแปลงเดียวกันมีประสิทธิภาพการบำบัดดีกว่าการปลูกชนิดเดียว ต้นธูปฤาษีเจริญได้ดีกว่าในแปลงที่ปลูกผสม แต่อัตราการเจริญลงเมื่อต้นธูปฤาษีอยู่ห่างจากจุดน้ำเข้าจนปริมาณปุ๋ยไม่พอเพียง

P.Kuschk และคณะ(2003)

ศึกษาการกำจัดไนโตรเจนในรอบปีของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอนภายใต้สภาวะอากาศไม่รุนแรง โดยรวบรวมข้อมูลการเดินระบบเป็นเวลา 4 ปี พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดในฤดูใบไม้ผลิและฤดูใบไม้ร่วงแปรผันโดยตรงกับภาระไนโตรเจน ส่วนประสิทธิภาพการกำจัดใน ฤดูหนาวและฤดูร้อนแตกต่างกันมาก โดยอัตราการกำจัดในเดือนมกราคมและเดือนตุลาคมเท่ากับ 0.15 และ 0.7 ก./ตร.ม.-วัน และไม่ขึ้นกับภาระไนโตรเจน

สรุปได้ว่าประสิทธิภาพของการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นถูกกำหนดโดยปริมาณออกซิเจนในระบบและปริมาณออกซิเจนที่เข้าสู่ระบบโดยผ่านทางไรโซโซมถูกจำกัดโดยฤดูกาล (อุณหภูมิ) ส่วนปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชั่นเกิดขึ้นเกือบสมบูรณ์ในช่วงกลางฤดูร้อน

P.Karim และคณะ (2004)

ศึกษาเปรียบเทียบการเกิดขึ้นและ การอยู่รอดของจุลชีพและเชื้อโรคในน้ำและในตะกอนของประดิษฐ์แบบน้ำไหลเหนือผิวดินในอริโซน่า โดยเมื่อวัดปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดพบโคลิฟอร์มทั้งหมดในตะกอนเนื่องจากแบคทีเรียถูกกรองให้อยู่ในบริเวณรากของพืชในบึงประดิษฐ์โดย Salmomella typhimurium , Colipage และแบคทีเรีย สะสมในตะกอนและรากพืช ยกเว้น Giardia ไม่สะสมในตะกอนและรากพืชแต่ลอยตัวอยู่ในน้ำเสีย นอกจากนี้ยังพบว่าบึงประดิษฐ์ไม่สามารถกำจัดพยาธิได้

Kaseva (2004)

ศึกษาประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอนขนาดทดสอบโดยใช้น้ำทิ้งจากบ่อบำบัดแบบUpflow anaerobic sludge blanket ของหอพักนักศึกษาในประเทศแทนซาเนีย โดยใช้แปลงทดลองขนาดทดสอบ 3 แปลง แปลงทดลอง A เป็นแปลงควบคุม แปลงทดลอง B เป็นแปลงปลูก Phragmites mauritianus แปลงทดลอง C เป็นแปลงปลูกธูปฤาษี โดยแปลง A B และC สามารถกำจัดซีโอดีได้ร้อยละ 33.6 56.3 และ 60.7 ตามลำดับ สามารกำจัดแอมโมเนียได้ร้อยละ 11.2 25.2 และ 23 ตามลำดับ สามารกำจัดไนไตรท์ได้ร้อยละ 32.2 40.3 และ 44.3 ตามลำดับ สามารถกำจัดไนเตรทได้ร้อยละ 23.9 38.5 และ 21.3 ตามลำดับ

จากงานวิจัยของ Limsuwan พบว่าบึงประดิษฐ์สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีภาระตะกอนมากได้ จึงควรจะสามารถบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ที่มีภาระสารอินทรีย์สูงได้ Phanuwan ศึกษาพบว่าที่ภาระการเก็บกักทางชลศาสตร์ 5 วัน มีประสิทธิภาพการกำจัด บีโอดี และ ซีโอดี ได้ถึงร้อยละ 91 และ 95 เป็นข้อมูลในการเลือกภาระการเก็บกักทางชลศาตร์ในงานวิจัย วรากรพบว่าธูปฤาษีสามารถกำจัดไนโตรเจนได้ร้อยละ 78 เป็นข้อมูลในการเลือกธูปฤาษีเป็นพืชในแปลงทดลอง นอกจากนี้ P.Karim และคณะศึกษาเรื่องจุลชีพและเชื้อโรคในตะกอนและในน้ำเสียเป็นข้อมูลที่ช่วยสนับสนุนเรื่องประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟอร์มทั้งหมดของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน

งานวิจัยอื่นๆ นอกจากที่กล่าวมาแล้วเป็นข้อมูลช่วยในการออกแบบลักษณะของแปลงทดลองและเป็นแนวทางในการกำหนดรูปแบบและแนวโน้มของงานวิจัย

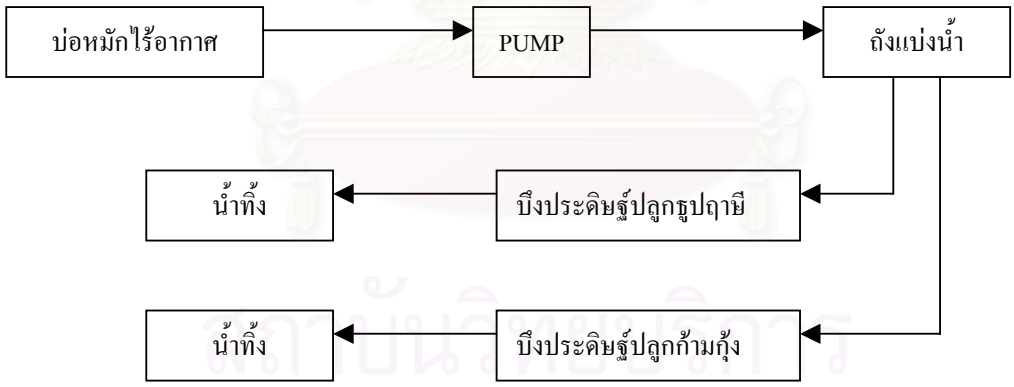
บทที่ 3

แผนการวิจัย

ระบบบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ก่อสร้างที่โรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี และทดลองบำบัดน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อหมักไร้อากาศของโรงฆ่าสัตว์ โดยทำการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 แผนการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน จำนวน 2 บ่อที่ปลูกต้นธูปฤาษีและต้นก้ามกุ้ง โดยตัวกลางที่ใช้เป็นกรวดหยาบขนาด 3 - 8 มม .และใช้ทดลองบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีที่ผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 แล้วดังผังการไหลของน้ำเสียในรูปที่ 3.1



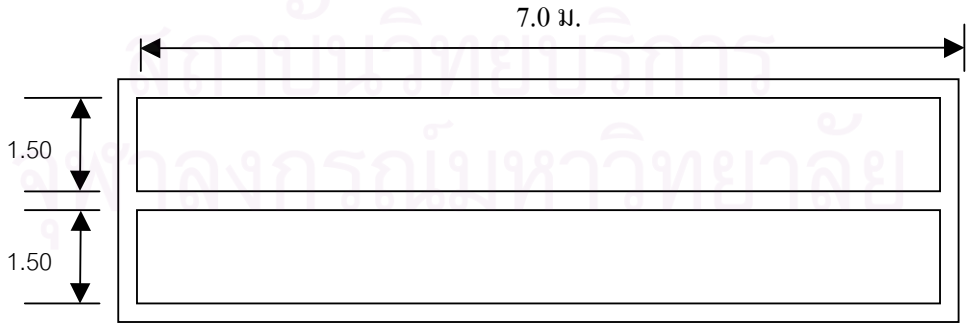
รูปที่ 3.1 ผังการไหลของระบบบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 3.2 บ่อหมักไร้อากาศของโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี

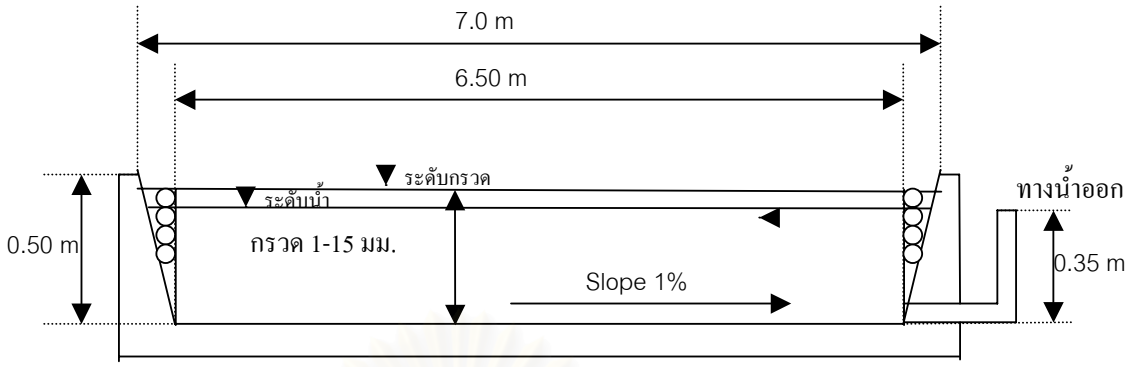
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1 บึงประดิษฐ์ ที่ใช้ในงานวิจัย

บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน โดยก่อสร้างแปลงทดลองขนาด ความกว้าง 1.5 เมตร ยาว 7.0 เมตร ลึก 0.45 เมตร พื้นมีความลาดร้อยละ 1



รูปที่ 3.3 แปลนบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในงานวิจัย



รูปที่ 3.4 ภาพตัดตามยาวบึงประดิษฐ์ที่ใช้ในงานวิจัย

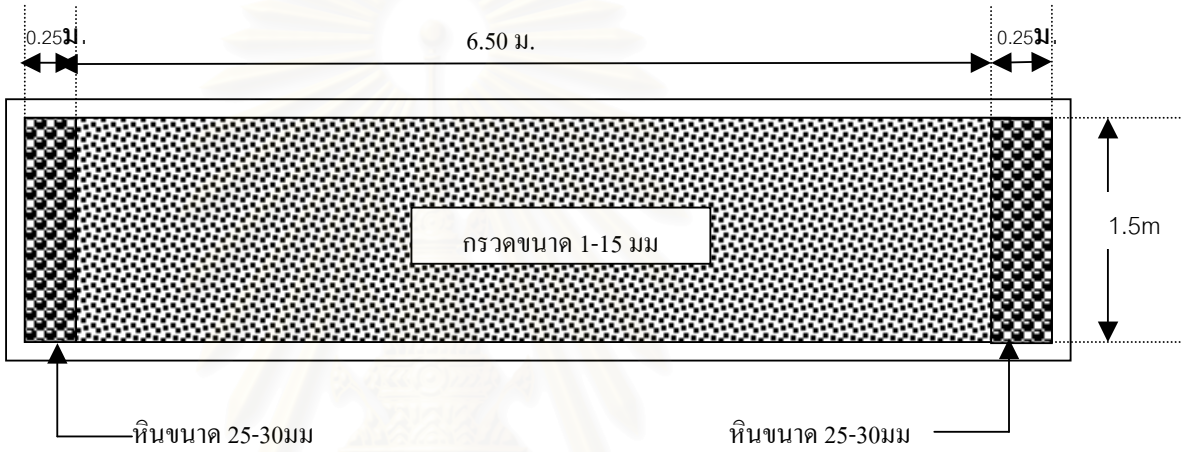
รูปที่ 3.5 บึงประดิษฐ์ที่ใช้ในงานวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.2 ตัวกลางในบึงประดิษฐ์ประกอบด้วย

1) กรวดขนาด 1 – 15 มม. เป็นชั้นตัวกลางในแปลงทดลอง เพื่อให้น้ำไหลผ่านและรากต้นไม้ยึดเกาะ ลึก 0.40 เมตร

2) หินขนาด 25 – 50 มม. เป็นส่วนกระจายน้ำที่ระยะ 0.25 เมตร บริเวณหัวและท้ายแปลงทดลอง



รูปที่ 3.6 การเรียงตัวกลาง

รูปที่ 3.7 ตัวกลางในบึงประดิษฐ์

3.2.3 ถังกระจายน้ำ

ประกอบด้วยถังเก็บน้ำที่มีท่อน้ำออกที่ก้นถัง 2 จุด ควบคุมด้วย ประตูน้ำ 2 ตัว เพื่อให้น้ำไหลเข้าหน่วยการทดลอง ทั้ง 2 หน่วย ในอัตราการไหลคงที่ ความสูงระดับน้ำถูกควบคุมให้คงที่โดยใช้วิธีไหลล้น

รูปที่ 3.8 ถังกระจายน้ำ

3.2.4 ท่อน้ำเข้า

เป็นท่อพีวีซี เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ต่อจากถังกระจายน้ำไปยังส่วนหัวแปลงทดลอง (ระยะ 0.25 เมตรแรก) โดยปลายท่ออยู่ที่ระดับผิวบนของชั้นตัวกลาง

3.2.5 ท่อเก็บตัวอย่าง

เป็นท่อพีวิซี เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว เจาะรูโดยรอบ ปลายด้านล่างมีตะแกรงหุ้ม วางตั้งฉากกับก้นบ่อ ปลายท่อด้านบนอยู่เหนือระดับผิวบนของตัวกลาง 5 ซม. ติดตั้งที่ระยะ 2.5 และ 4.5 เมตรจากขอบบ่อด้านข้างน้ำเข้า

3.2.6 ท่อน้ำออก

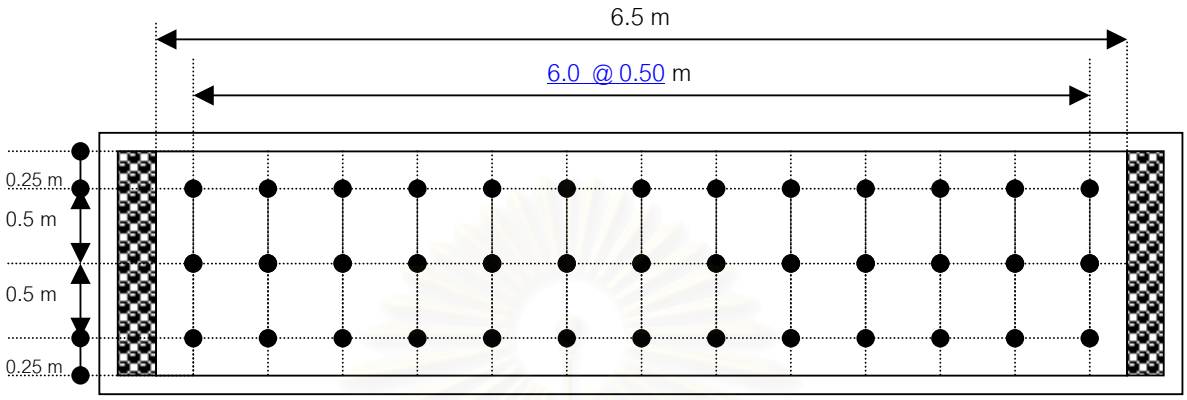
เป็นท่อพีวีซี เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้วต่อจากบึงประดิษฐ์ส่วนปลายแปลงแล้วต่อเข้ากับถังเก็บน้ำออก

รูปที่ 3.9 ท่อน้ำออก

3.2.7 พืชที่ปลูกในแปลงทดลอง พืชที่ปลูกในแปลงทดลองมี 2 ชนิด คือ

1) แปลงทดลองที่ 1 ปลูกต้นก้ามกุ้งจำนวน 39 ต้น ความหนาแน่น 4 ต้น/ตรม.
2) แปลงทดลองที่ 2 ปลูกต้นธูปฤาษีจำนวน 39 ต้น ความหนาแน่น 4 ต้น/ตรม.
3) แปลงทดลองที่ 3 แปลงควบคุมไม่มีการปลูกต้นไม้

รูปที่ 3.10 ต้นธูปฤาษีและ ต้นก้ามกุ้งที่ปลูกในระบบ



รูปที่ 3.11 ตำแหน่งของพืชในระบบ

3.3 ตัวแปร

3.3.1 ตัวแปรอิสระ คือตัวแปรที่ต้องการศึกษาและสนใจในงานวิจัยนี้ ได้แก่

1) อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าระบบที่ 0.22 0.37 และ 1.1 ลบ.ม./วัน

2) ระยะเวลาเก็บกักน้ำที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากบ่อหมักของโรงฆ่าสัตว์ระหว่าง 1 3 และ 5 วัน

3) ชนิดของพืชที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากบ่อหมักของโรงฆ่าสัตว์ ระหว่างต้นธูปฤาษี และต้นก้ามกุ้ง

3.3.2 ตัวแปรกำหนด คือตัวแปรที่มีการควบคุมให้มีค่าคงที่ตลอดการวิจัยนี้

1) ตัวกลาง กรวดขนาด 1 – 15 มม.

2) ความสูงชั้นตัวกลาง 40 ซม

3) ระดับน้ำในระบบ 35 ซม

4) ความหนาแน่นของพืชในแปลงทดลอง 4 ต้น / ตรม.

3.3.3 ตัวแปรตาม คือตัวแปรที่ต้องวิเคราะห์หาค่าในน้ำออกจากระบบ ได้แก่

1) พารามิเตอร์

-- พีเอช
-- อุณหภูมิ
-- ซีโอดี
-- ทีเคเอ็น
-- ออร์การ์นิคไนโตรเจน
-- แอมโนเมียไนโตรเจน
-- ฟอสฟอรัส
-- อัตราการระเหยของน้ำ
-- โคลิฟอร์มทั้งหมด

2) ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ

3.4 การคำนวณขนาดบึงประดิษฐ์

1) กำหนดให้

อัตราการไหล (Q)	1.1 ลูกบาศก์เมตร/วัน
อุณหภูมิเฉลี่ย (T)	35 องศาเซลเซียส
ความลึกน้ำเสีย (d)	0.35 เมตร
BOD น้ำเสียเข้าระบบ (C_0)	52 มิลลิกรัมต่อลิตร
BOD น้ำเสียออกจากระบบ (C_e)	10 มิลลิกรัมต่อลิตร
ค่าความพรุน (n)	0.35 (Gravell sand)
Hydraulic conductivity (k_S)	500 ลบ.ม./ ตรม.-วัน
ความลาดท้องบ่อ (S)	0.01
K_{20}	0.86

จากสมการ

$$K_T = K_{20}(1.1)^{(T-20)}$$

$$K_T = K_{20}(1.1)^{(35-20)}$$

= 3.59

2) คำนวณหาพื้นที่ผิวรับน้ำ(A_S)

A_S = $\{Q(\ln C_O - \ln C_e)\}/ K_T dn$

= $\{2(\ln 52 - \ln 10)\}/(3.59x0.35x0.35)$

= 7.5 ตรม.

3) คำนวณหาพื้นที่ตัดขวางของแปลงทดลอง (A_C)

A_C = $Q/(K_S S)$

= $(2)/\{(500)(0.01)\}$

= 0.4 ตรม.

4) คำนวณหาความกว้างของแปลงทดลอง (W)

W = A_C/d

= 0.4/0.3

= 1.33 ม.

ใช้ความกว้างในแปลงทดลอง = 1.5 ม.

5) คำนวณหาความกว้างของแปลงทดลอง (L)

L = A_S/W

= 7.5 / 1.5

= 5 ม.

ใช้ความยาวในแปลงทดลอง = 7 ม.

3.5 การคำนวณระยะเวลาเก็บกักน้ำ และอัตราการไหล

1) คำนวณอัตราการไหลในหน่วยการทดลองมีขนาด กว้าง 1.5 เมตร ยาว 7 เมตร สูง 0.4 เมตร
2) ระดับน้ำในหน่วยการทดลองสูง 0.35 เมตร
3) กรวดที่ใช้ขนาด Max. 10% Grain 8 มิลลิเมตร Porosity 0.35

3.5.1 คำนวณหาปริมาตรช่องว่างในตัวกลางที่น้ำเสียไหลผ่าน

ปริมาณช่องว่างในตัวกลาง = กว้าง x ยาว x ระดับน้ำ x อัตราส่วนช่องว่าง

= 1.5 ม x 6.0 ม x 0.35 ม x 0.35

= 1.1025 ลูกบาศก์เมตร

3.5.2 คำนวณหาพื้นที่รับน้ำ

พื้นที่รับน้ำ = กว้าง x ยาว

= 1.5 ม x 6.0 ม

= 9 ตารางเมตร

3.5.3 คำนวณหาระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียในชุดการทดลองที่ 1

ระยะเวลากักน้ำ 1 วัน

อัตราการไหลของน้ำเสีย = ปริมาตรช่องว่างในตัวกลาง / ระยะเวลากักน้ำ

= 1.1025/ 1

= 1.10 ลบ.ม./วัน

3.5.4 คำนวณหาระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียในชุดการทดลองที่ 2

ระยะเวลากักน้ำ 3 วัน

$$\text{อัตราการไหลของน้ำเสีย} = \frac{\text{ปริมาตรช่องว่างในตัวกลาง}}{\text{ระยะเวลากักน้ำ}}$$

$$= \frac{1.1025}{3}$$

= 0.37 ลูกบาศก์เมตร/วัน

3.5.5 คำนวณหาระยะเวลาเก็บกัก น้ำเสียในชุดการทดลองที่ 3

ระยะเวลากักน้ำ 5 วัน

$$\text{อัตราการไหลของน้ำเสีย} = \frac{\text{ปริมาตรช่องว่างในตัวกลาง}}{\text{ระยะเวลากักน้ำ}}$$

$$= 1.1025 / 5$$

= 0.22 ลูกบาศก์เมตร

3.6 ขั้นตอนการวิจัย

3.6.1 ศึกษาประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์ที่อัตราการไหลของน้ำเสีย

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ช่วงโดยปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำเสียแตกต่างกัน 3 ค่า และเดินระบบที่ค่าอัตราการไหลหนึ่ง ๆ เป็นเวลา 1 เดือน หลังจากระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว ดังรายละเอียดแผนการทดลองแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดการทดลอง

การทดลอง ตอนที่	พืช	ระยะเวลาเก็บกัก (วัน)	อัตราการไหล (ลบ.ม./วัน)
1			
แปลงที่ 1	ธูปฤาษี	5	0.22
แปลงที่ 2	ก้ามกุ้ง	5	0.22
2			
แปลงที่ 1	ธูปฤาษี	3	0.37
แปลงที่ 2	ก้ามกุ้ง	3	0.37
3			
แปลงที่ 1	ธูปฤาษี	1	1.10
แปลงที่ 2	ก้ามกุ้ง	1	1.10

1) ป้อนน้ำเสียที่ผ่านบ่อหมักไร้อากาศของโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีด้วยอัตราการไหล 0.22 ลบ.ม./วัน เข้าบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ดินในแนวนอน ทั้ง 2 แปลง เป็นเวลา 1 เดือนหลังจากระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว

2) เก็บตัวอย่างจากถังแบ่งน้ำ ท่อเก็บตัวอย่าง และถังน้ำออกจากระบบ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง แล้ววิเคราะห์พารามิเตอร์ต่อไปนี้ พีเอช อุณหภูมิ ซีโอดี ทีเคเอ็น อินทรีย์ไนโตรเจน แอมโนเมีย ฟอสฟอรัส และโคลิฟอร์มทั้งหมด เดินระบบเป็นเวลา 1 เดือน

3) เริ่มต้นเช่นเดียวกับข้อ 1) และ 2) โดยปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำเสียป้อนเข้าระบบให้เท่ากับ 0.37 และ 1.10 ลบ.ม./ วัน เป็นเวลา 1 เดือน

3.6.2 ศึกษาลักษณะบีโอดีน้ำเสียของโรงฆ่าสัตว์เข้าและออกจากบ่อหมักไร้อากาศ

1) วัดค่าบีโอดีน้ำเสียก่อนเข้าบ่อหมักไร้อากาศ ทุก 2 สัปดาห์
2) วัดค่าบีโอดีน้ำเสียที่บ่อแบ่งน้ำและน้ำทิ้งจากระบบ ทุก 2 สัปดาห์

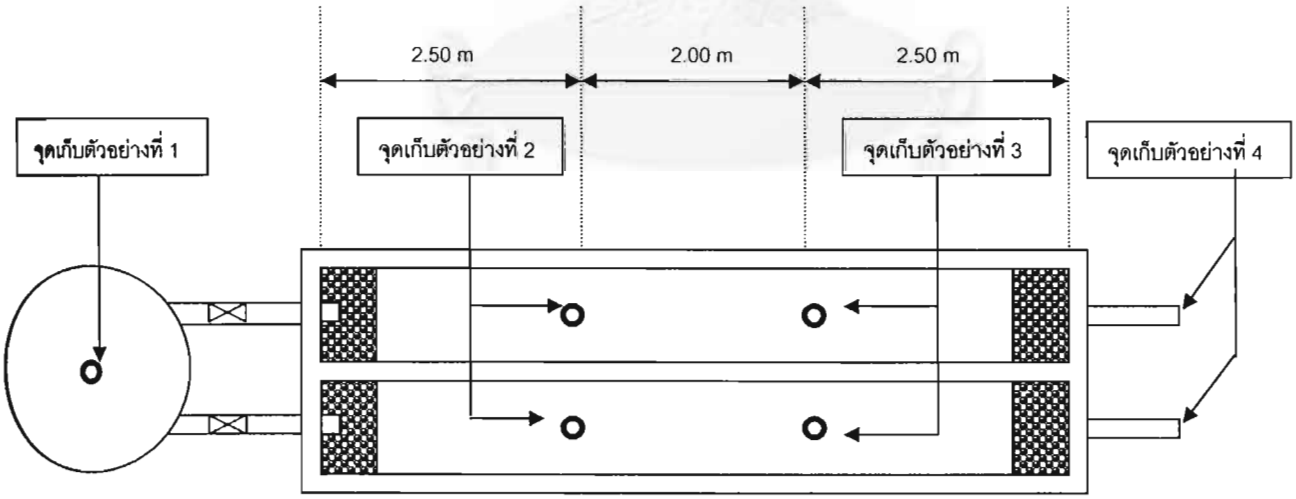
3.7 การเก็บตัวอย่างน้ำเสียและการวิเคราะห์

3.7.1 จุดเก็บตัวอย่าง

การทดลองจะดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าระบบ น้ำทิ้งจากระบบ และจุดเก็บตัวอย่างในระบบ 2 จุด คือ ที่ระยะ 2.5 และ 5 เมตร จากต้นบ่อ และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ถังแบ่งน้ำเพื่อเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าระบบ
2) ท่อเก็บตัวอย่างที่ 1 ที่ระยะ 2.5 เมตร จากต้นบ่อทั้งบ่อที่ 1 และบ่อที่ 2
3) ท่อเก็บตัวอย่างที่ 2 ที่ระยะ 4.5 เมตร จากต้นบ่อทั้งบ่อที่ 1 และบ่อที่ 2
4) ถังเก็บน้ำออกของบ่อที่ 1 และบ่อที่ 2

3.7.2 จุดเก็บตัวอย่าง ตัวแปร และความถี่ในการวิเคราะห์



รูปที่ 3.12 ตำแหน่งจุดเก็บน้ำตัวอย่าง

ตารางที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่าง ตัวแปร และความถี่ในการวัด

ตัวแปร	น้ำเข้า	จุดเก็บที่1	จุดเก็บที่2	น้ำออก
พีเอช	X	/	/	X
อุณหภูมิ	X	/	/	X
บีโอดี	/	-	-	/
ซีโอดี	X	/	/	X
ทีเคเอ็น	X	/	/	X
อินทรีย์ไนโตรเจน	X	/	/	X
แอมโมเนีย	X	/	/	X
ไนไตรท์	/	-	-	/
ไนเตรท	/	-	-	/
ฟอสฟอรัส	X	/	/	X
ของแข็งแขวนลอย	X	/	/	X
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	/	-	-	/

หมายเหตุ 1) X คือการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้งต่อสัปดาห์ 2) / คือการเก็บตัวอย่าง 2 สัปดาห์ต่อครั้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะทั่วไป

4.1.1 สภาพอากาศ

ระหว่างการทดลองอุณหภูมิของอากาศในแปลงทดลองซึ่งมีหลังคาคลุมมีค่าอยู่ในช่วง 27.4 – 42.3 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิน้ำเสียเข้าระบบต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ 1.7 – 3.5 องศาเซลเซียส ช่วงเวลาทำการทดลองค่อนข้างยาวนานคือตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2546 ถึงวันที่ 4 มกราคม 2547 จึงมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดมาก ขณะทำการทดลองคาบเกี่ยวช่วงฤดูฝนด้วย แต่เนื่องจากแปลงทดลองมีหลังคาคลุมฝนจึงไม่มีผลต่อการทำงานของระบบ

4.1.2 ลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เทศบาลเมืองสุพรรณบุรีที่ใช้ในการทดลองเป็นตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดโดยบ่อหมักไร้อากาศแล้ว น้ำเสียก่อนเข้าบ่อหมักมีค่าบีโอดี เฉลี่ย 540 มก./ล. ค่า ซีโอดีเฉลี่ย 1180 มก./ล. หลังจากผ่านบ่อหมักแล้ว (น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง) ยังคงมีสารอินทรีย์ปนเปื้อนสูง โดยมีค่าบีโอดีและซีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 139.7 และ 413.6 มก./ล. ตามลำดับ ค่าแอมโมเนียและฟอสฟอรัสสูงมากเช่นกันโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 158.7 และ 205.9 มก./ล. ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าโคลิฟอร์มทั้งมดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.12×10^6 เอ็ม.พี.เอ็น./100 มล. มีค่าเกินมาตรฐานกำหนด โดยสูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพในแหล่งน้ำประเภทที่ 3 ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 คือ 20,000 เอ็ม.พี.เอ็น./ 100 มล. ถึง 100 เท่า ดังตารางที่ 4.1

นอกจากนี้ระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สองของโรงฆ่าสัตว์ส่วนใหญ่เป็นระบบบำบัดน้ำเสียเป็นแบบบ่อหมักไร้อากาศ การย่อยสลายสารอินทรีย์ในแต่ละขั้นตอนทำให้เกิดแอมโมเนีย ซึ่งวัดค่าในรูปทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen) ได้ ทำให้ค่าทีเคเอ็นที่วัดได้มีมากเกินค่ามาตรฐานกำหนด ปัจจุบันโรงฆ่าสัตว์เทศบาลสุพรรณบุรีระบายน้ำทิ้งลงระบบบำบัดน้ำเสียรวมของ เทศบาลเมืองสุพรรณบุรี จึงไม่เป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม แต่โรงฆ่าสัตว์ขนาดกลาง

และขนาดเล็กส่วนใหญ่ในประเทศไทยไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียรวมรองรับ ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ได้ตามค่ามาตรฐานจึงมีความจำเป็น

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

ค่าตัวแปร	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเกณฑ์มาตรฐาน	หมายเหตุ
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	40.1-26.2	33.27	ไม่เกิน 40	-
พีเอช	7.91-7.1	7.46	5.5-9	-
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	240-112	166	ไม่เกิน 50	เกินมาตรฐาน
บีโอดี (มก./ล.)	191.1-99.27	139.7	ไม่เกิน 60	เกินมาตรฐาน
ซีโอดี (มก./ล.)	599.1-240.0	413.6	ไม่เกิน120	เกินมาตรฐาน
Org-N (มก./ล.)	153.5-16.0	83.9	-	-
NH^{+}_{4} (มก./ล.)	224.6-24.0	158.7	-	-
TKN (มก./ล.)	371.7-40.0	242.6	ไม่เกิน100	เกินมาตรฐาน
Phosphorus (มก./ล.)	350.8-15.9	205.9	-	-
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (เอ็ม.พี.เอ็น./100 มล.)	$3.5x10^{6}$- $1.4 x10^{6}$	$2.12 x10^{6}$	-	-

หมายเหตุ : 1) จากตัวอย่างน้ำจำนวน 56 ตัวอย่าง

2) มาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2539) เรื่องกำหนดคุณลักษณะน้ำทิ้งระบายออกจากโรงงาน

4.2 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม

จากการทดลองป้อนน้ำเสียเข้าระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม (ระบบบึงประดิษฐ์ที่ไม่ปลูกพืช) ที่ ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน มีผลดังแสดงในตารางที่ 4.2

4.2.1 ค่าพีเอช

พีเอชของน้ำที่เข้าระบบบึงประดิษฐ์อยู่ระหว่าง 7.20 – 8.03 เมื่อน้ำเสียผ่านระบบบึงประดิษฐ์แล้ว พีเอชลดลงเล็กน้อยโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 7.05 – 7.50 เมื่อเปรียบเทียบที่ภาระปริมาณน้ำทั้ง 3 ค่าที่ใช้ทดลอง พบว่าค่าพีเอชปรับตัวเข้าหา 7 แต่ยังมีการแปรปรวนตาม พีเอชของน้ำเข้าอยู่บ้าง ดังแสดงในรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองเดินระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมที่ภาระปริมาณน้ำต่างๆ

พารามิเตอร์	ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน				ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน				ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน			
	น้ำเข้า		น้ำออก		น้ำเข้า		น้ำออก		น้ำเข้า		น้ำออก	
	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	29.7 - 27.1	28.1	28.5-25.9	27	34.8-28.2	31.1	33.4-26.9	29.5	34.8-28.2	31.1	33.5-27	29.6
พีเอช	8.03 - 7.2	7.6	7.5-7.05	7.2	8.03-7.2	7.6	7.4-7.05	7.2	7.9-7.27	7.5	7.5-7.06	7.2
บีโอดี(มก./ล.)	176.6 - 116.9	140.8	78.6-50.6	63.9	176.6-116.9	140.8	66.8-41.8	52.2	181.3-120.1	149.5	117-73.8	93.3
ซีโอดี(มก./ล.)	489.6 - 254.7	373.1	283-118	191.4	489.6-254.7	373.1	271.1-101.8	161.5	431.7-298.5	354.6	309.5-208.5	254.1
อินทรีย์ไนโตรเจน(มก./ล.)	168.2-56.8	85.48	145.4-48.1	81.5	168.2-56.8	85.6	141-45.9	71	103.5-56.7	83.3	95.5-51.2	77.2
แอมโมเนียไนโตรเจน(มก./ล.)	201.3-81.5	136	178.5-74.5	144.8	201.3-81.5	136	165.5-72.7	113.9	179.7-99.7	137	170.4-95.6	131
ทีเคเอ็น(มก./ล.)	369.5-138.3	221.5	323.9-124.6	134	312.5-138.3	221.49	310.4-122.5	185	277.9-165.5	220.3	261.2-158.3	208.2
ฟอสฟอรัส(มก./ล.)	349.8-15.9	203.9	311.7-11.2	183.5	349.81-15.9	203.9	291.3-13.5	170.7	324.4-33.5	204.3	304.5-26	193.4
ของแข็งแขวนลอย(มก./ล.)	237-114	179.7	115-32	60.1	237-114	179.7	81-31	51.7	212-124	178.8	115-45	68.5
โคลิฟอร์ม(เอ็ม.พี.เอ็น./100 มล.)	$3.1x10^6$-$1.6x10^6$	$2.29x10^6$	1400-1100	1250	$3.1x10^6$-$1.6x10^6$	$2.29x10^6$	1200-800	975	$3.0x10^6$-$1.5x10^6$	$2.27x10^6$	$5.4x10^5$-$4.4x10^5$	$4.78x10^5$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.2 ค่าการระเหยของน้ำ

การระเหยของน้ำในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมหาจากความแตกต่างของปริมาณน้ำเสียเข้าระบบและปริมาณน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ พบว่าค่าการระเหยน้อยมาก คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.2 ของปริมาณน้ำเข้าระบบ

4.2.3 ค่าซีโอดี

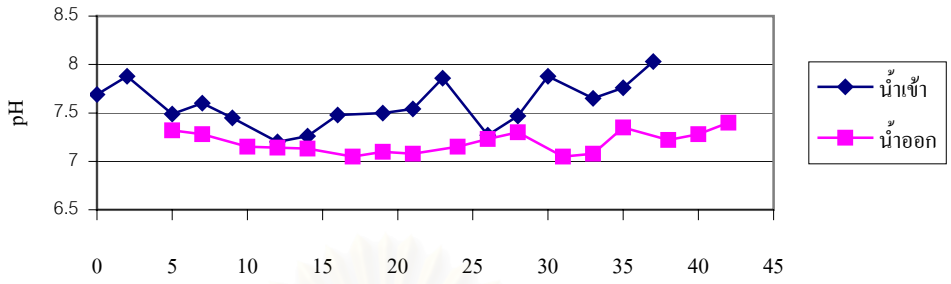
เนื่องจากน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียจริง ค่าซีโอดีไม่คงที่และแปรผันไปในแต่ละวัน การเข้าสู่สภาวะคงตัวของระบบจึงสังเกตได้จากประสิทธิภาพการกำจัดของระบบที่มีค่าคงที่ (ประมาณ 7 วัน หลังจากเริ่มป้อนเข้าระบบแล้ว) เมื่อ ประสิทธิภาพการกำจัดเริ่มเข้าสู่สภาวะคงตัว พบว่าที่ ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 60.92 52.12 และ29.09 ตามลำดับ การที่ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วันมีค่าต่ำ เนื่องจากเวลาในการเก็บกักน้ำในระบบน้อย การทำงานของจุลชีพในระบบจึงยังไม่สามารถ ทำงานได้เต็มที่ เมื่อระยะเวลาในการเก็บกักเพิ่มขึ้นการทำงานของจุลชีพในระบบจึงดีขึ้นตามลำดับ

ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยตลอดการทดลองสูงถึงร้อยละ 60.92 ทั้งที่ระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมไม่ได้ปลูกพืช แสดงว่าระยะเวลาเก็บกักที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบสูงขึ้น ดังรูปที่ 4.2

ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน มีค่าต่ำที่สุด และที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน มีประสิทธิภาพการกำจัดดีที่สุด แต่เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 และ 3 วันพบว่ามีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วันสูงกว่าเพียงร้อยละ 8.8 ดังแสดงในรูปที่ 4.3

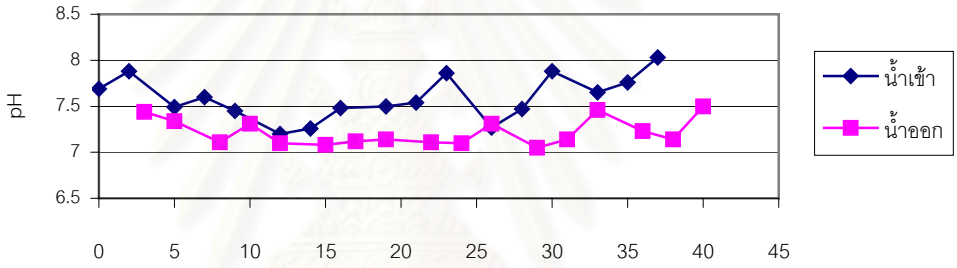
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(ก) pH น้ำในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม(ภาระน้ำ 2.5 ซม./วัน)



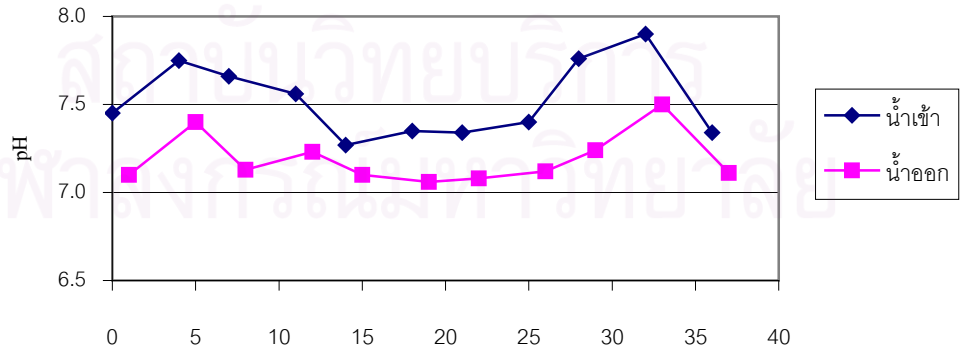
ระยะเวลา (วัน)

(ข) pH น้ำในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม(ภาระน้ำ 4.08 ซม./วัน)



ระยะเวลา (วัน)

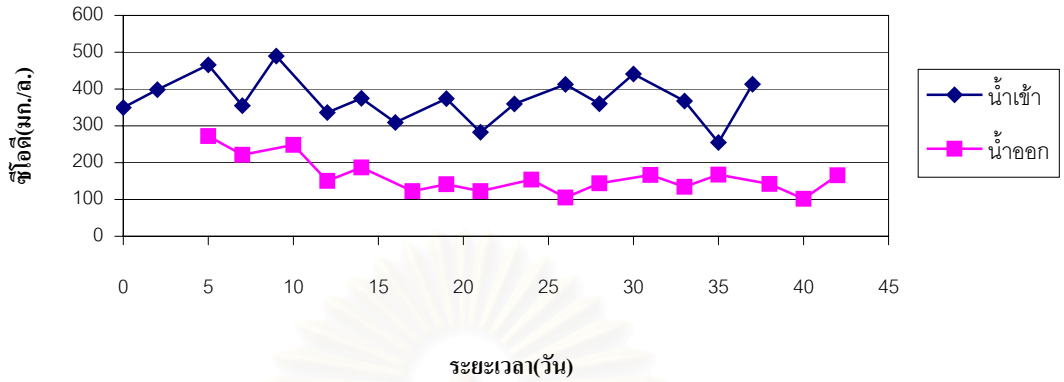
(ค) pH น้ำในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม(ภาระน้ำ12.3 ซม./วัน)



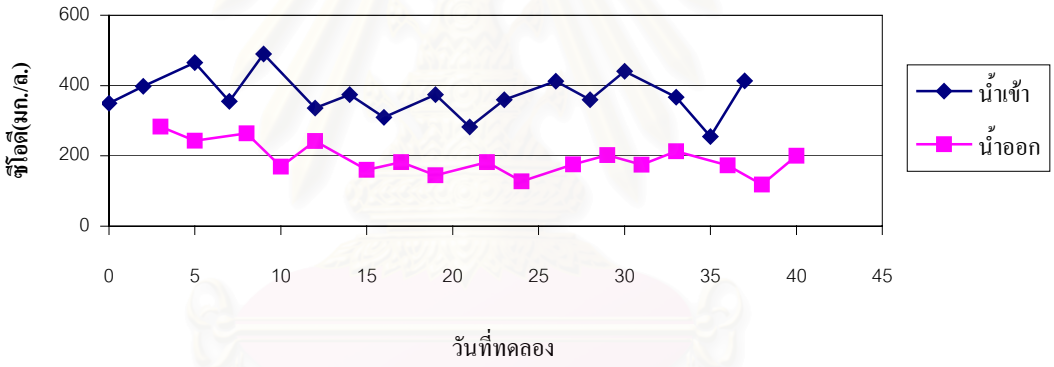
ระยะเวลา(วัน)

รูปที่ 4.1 ค่าพีเอชในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ1 วัน

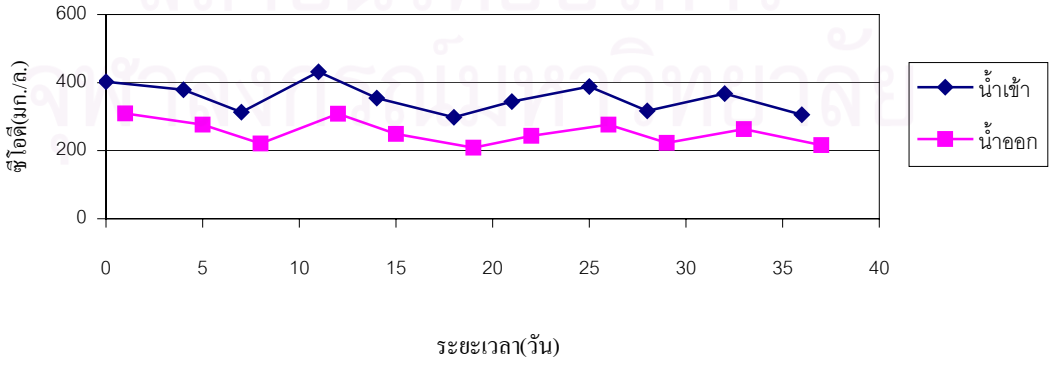
(ก) ค่าซีโอดีในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน



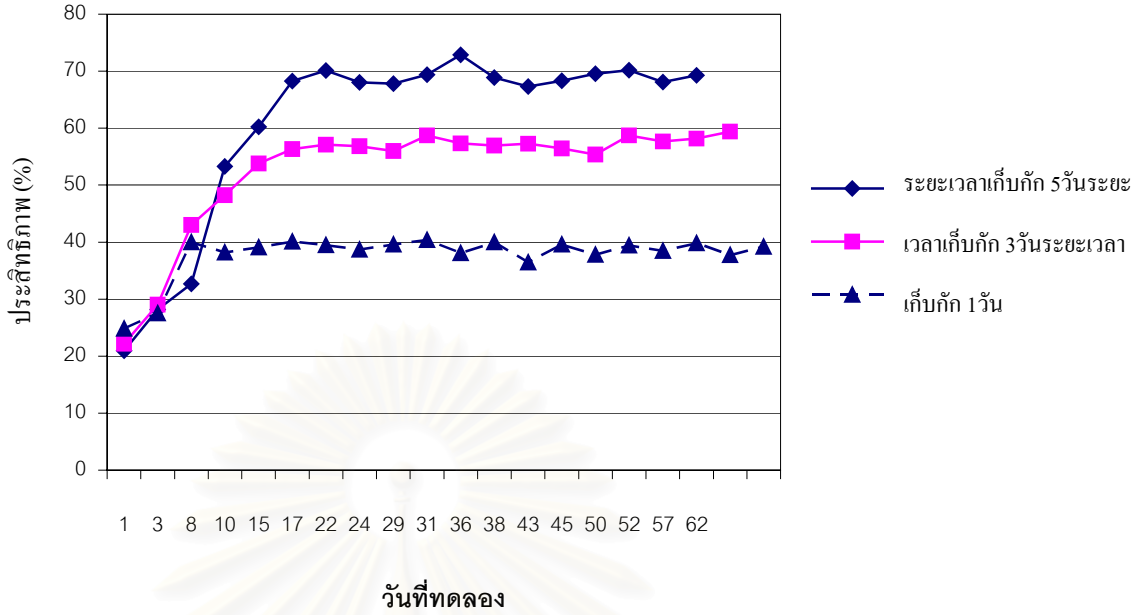
(ข) ค่าซีโอดีในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน



(ค) ค่าซีโอดีในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน



รูปที่ 4.2 ค่าซีโอดีในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน

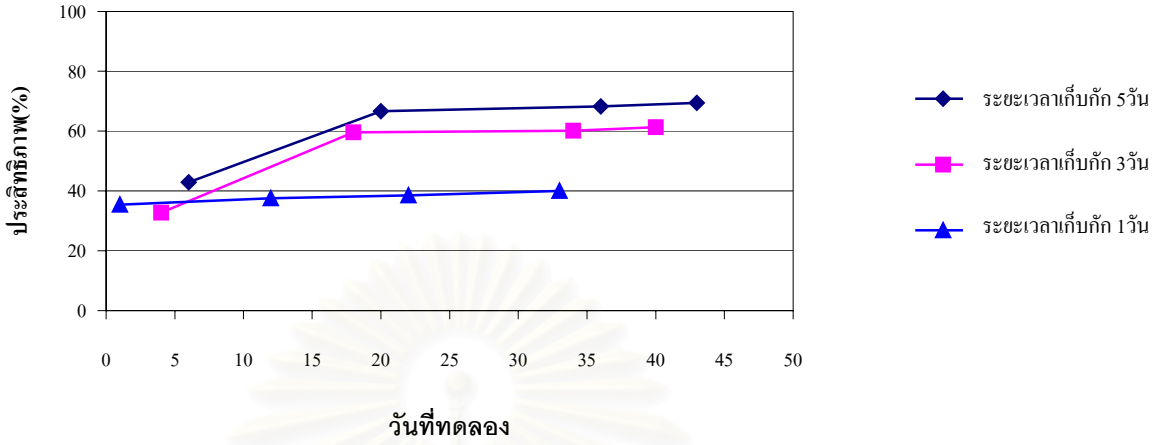


รูปที่ 4.3 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม
(ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน)

4.2.4 ค่าบีโอดี

เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้ว ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีเฉลี่ยตลอดการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วันเท่ากับร้อยละ 37.84 การทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 60.44 เมื่อเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วันพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดดีกว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 วันถึงร้อยละ 13.4 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วันประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 68.1 เป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุดในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม (ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ1 วัน)

4.2.5 ไนโตรเจน

การศึกษาการกำจัดไนโตรเจนก็เป็นเช่นเดียวกับการศึกษาซีโอดี เพราะไนโตรเจนในน้ำเข้าระบบบึงประดิษฐ์มีค่าไม่คงที่ การเข้าสู่สภาวะคงตัวของระบบจึงสังเกตจากค่าประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนของระบบมีค่าคงที่เช่นกัน

4.2.5.1 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน

เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้ว ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น อยู่ระหว่างร้อยละ 4.0 ถึง 7.0 โดยค่าทีเคเอ็นในน้ำเข้าอยู่ระหว่าง 183.5 - 269.3 มก./ล. และในน้ำออกอยู่ระหว่าง 158.3 - 261.2 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 5.5 เมื่อพิจารณาอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนีย พบว่าปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนลดลงร้อยละ 7.4 ขณะที่แอมโมเนียลดลงร้อยละ 4.4 ประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 5.5

4.2.4.2 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน

ค่าปริมาณทีเคเอ็นในน้ำเข้าอยู่ระหว่าง 138.3 - 369.5 มก./ล. ส่วนน้ำออกอยู่ระหว่าง 124.6 - 323.9 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 12.3

จากการวัดแอมโมเนียและอินทรีย์ไนโตรเจน พบว่าปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำเข้าอยู่ระหว่าง 56.8 - 168.2 มก./ล. ค่าประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 14.93 แอมโมเนียในน้ำเข้ามีค่าระหว่าง 81.5 - 201.3 มก./ล. ส่วนน้ำออกมีค่าอยู่ระหว่าง 74.5 -178.5 มก./ล. มีประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 11.6

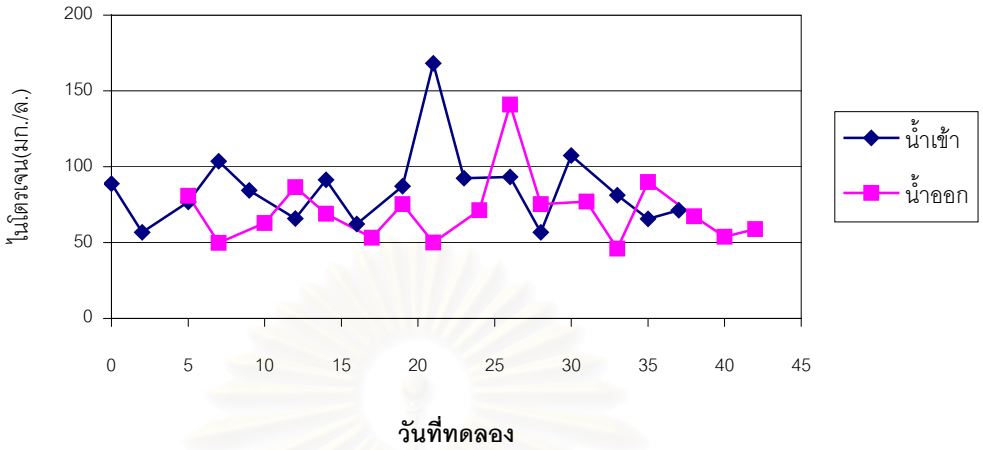
4.2.5.3 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน

ค่าทีเคเอ็นในน้ำเข้าอยู่ระหว่าง 138.3 - 369.5 มก./ล. ส่วนในน้ำออกอยู่ระหว่าง 122.5 - 310.4 มก./ล. ค่าประสิทธิภาพในการกำจัดทีเคเอ็นเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 17.4 ส่วนค่าอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำเข้าอยู่ระหว่าง 56.8 - 168.2 มก./ล. ส่วนน้ำออกอยู่ระหว่าง 45.9 - 140.9 มก./ล.ค่าประสิทธิภาพในการกำจัดอินทรีย์ไนโตรเจนเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 17.83 แอมโมเนียน้ำเข้าอยู่ระหว่าง 81.5 - 201.3 มก./ล. ในน้ำออกอยู่ระหว่าง 72.7 - 169.5 มก./ล. ประสิทธิ-ภาพการกำจัดแอมโมเนียเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 17.4

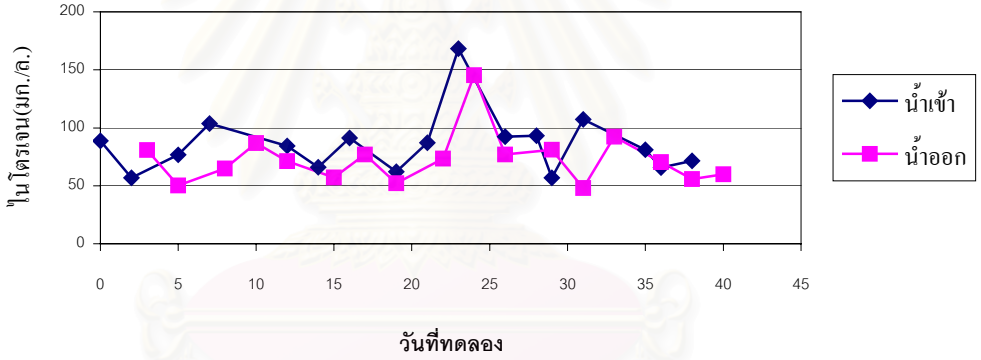
4.2.5.4 ผลการเปรียบเทียบทั้ง 3 ค่าภาระปริมาณน้ำ

พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วันดีกว่าการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน ร้อยละ 13 และดีกว่าการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 วันร้อยละ 5.8 แต่ประสิทธิภาพการกำจัดอินทรีย์ไนโตรเจนมากกว่าการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน ร้อยละ7.43 ขณะที่แอมโมเนียต่ำกว่าการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน ซึ่งมีค่าน้อยมาก เนื่องจากมีแอมโมเนียที่เกิดจากการย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจนมาทดแทนส่วนของแอมโมเนียที่ถูกระบบกำจัดไป และการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นในระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินที่ไม่ปลูกต้นไม้เกิดหลังจากน้ำเสียถูกปั๊อนและไหลผ่านระบบเป็นเวลา 3 วัน (วรากร เกิดทรัพย์, 2000) ดังนั้นระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน ไม่มากพอที่จะทำให้แอมโมเนียกลายเป็นก๊าซไนโตรเจนได้ แต่ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน อินทรีย์ไนโตรเจนส่วนใหญ่เปลี่ยนเป็นแอมโมเนียในระยะเวลา 3 วัน และเวลาที่เหลือใช้ในการเปลี่ยนแปลงจากแอมโมเนียเป็นไนไตรท์และไนเตรท (รูปที่ 4.6 4.7 และ 4.8) ส่วนการกำจัดไนโตรเจนในแนวนอนที่จุดเก็บน้ำที่ 1 และ 2 ค่าทีเคเอ็นลดลงเล็กน้อยและแอมโมเนียลดลง ส่วนแนวโน้มอื่นยังเห็นไม่ชัดเจน

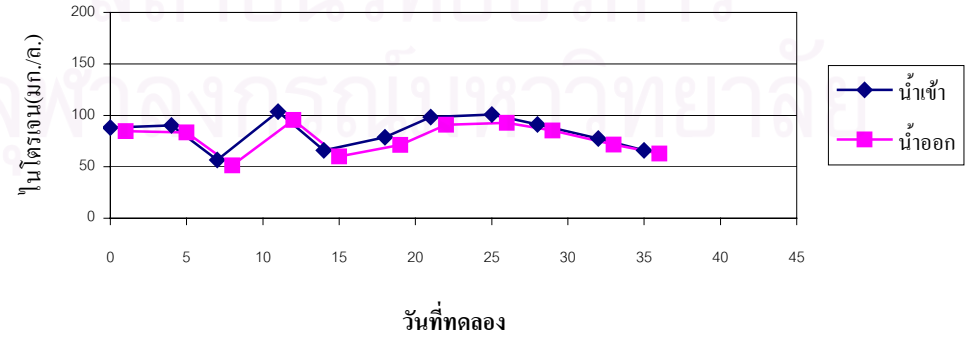
(ก) อินทรีย์ไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมระยะเวลาเก็บกัก5 วัน



(ข) อินทรีย์ไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมระยะเวลาเก็บกัก3 วัน

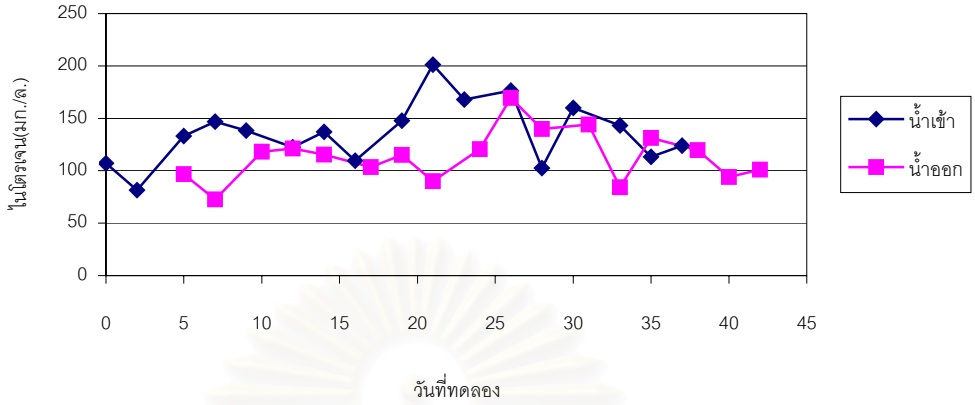


(ค)อินทรีย์ไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมระยะเวลาเก็บกัก1วัน

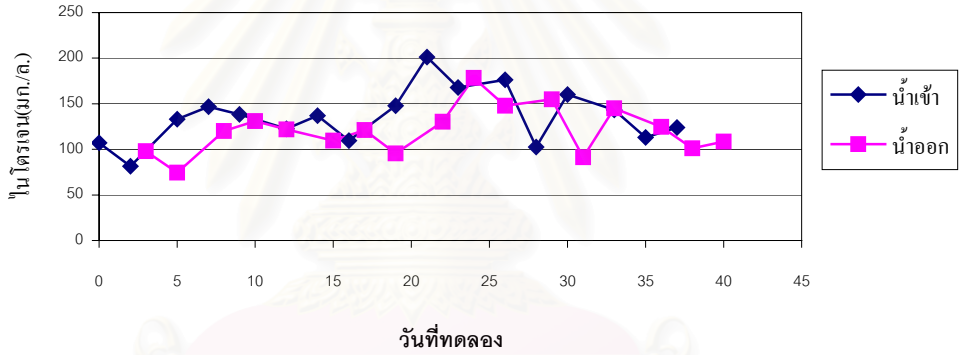


รูปที่ 4.5 อินทรีย์ไนโตรเจนในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม
(ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน)

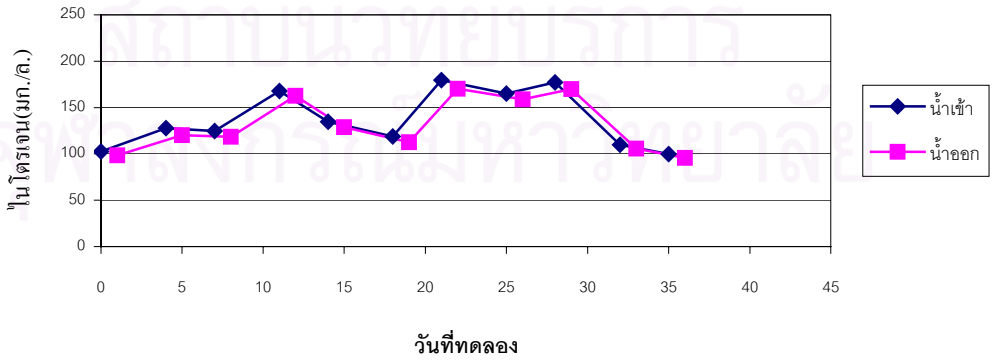
(ก)แอมโมเนียไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมระยะเวลาเก็บกัก5 วัน



(ข)แอมโมเนียไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมระยะเวลาเก็บกัก3วัน

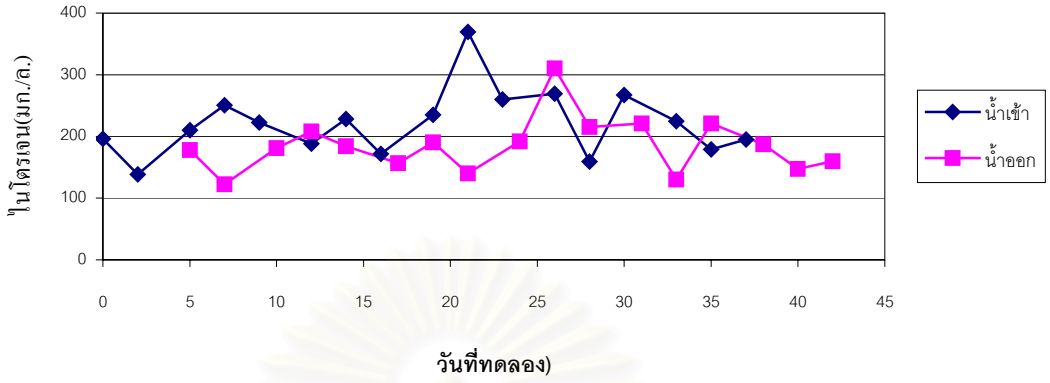


(ค)แอมโมเนียไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมระยะเวลาเก็บกัก1 วัน

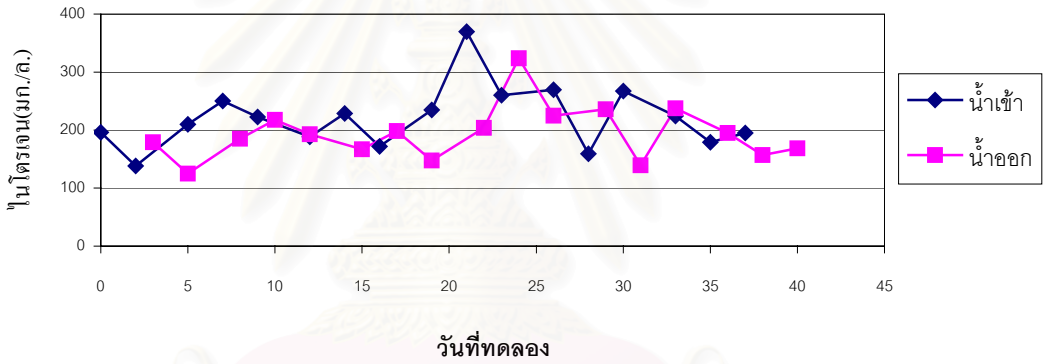


รูปที่ 4.6 แอมโมเนียในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม
(ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน)

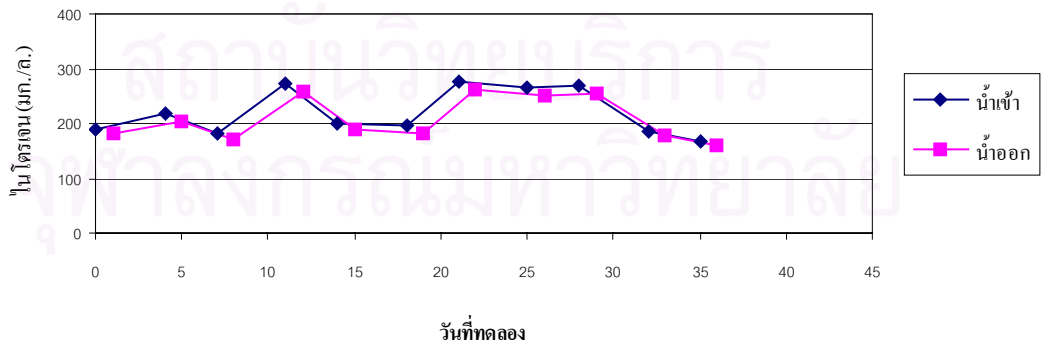
(ก) ทีเคเอ็นในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมระยะเวลาเก็บกัก5วัน



(ข)ทีเคเอ็นในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมระยะเวาลาเก็บกัก3วัน

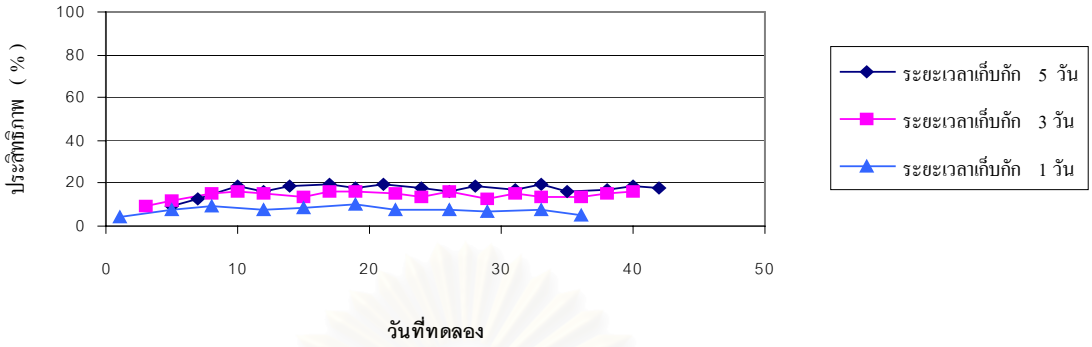


(ค) ทีเคเอ็นในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน

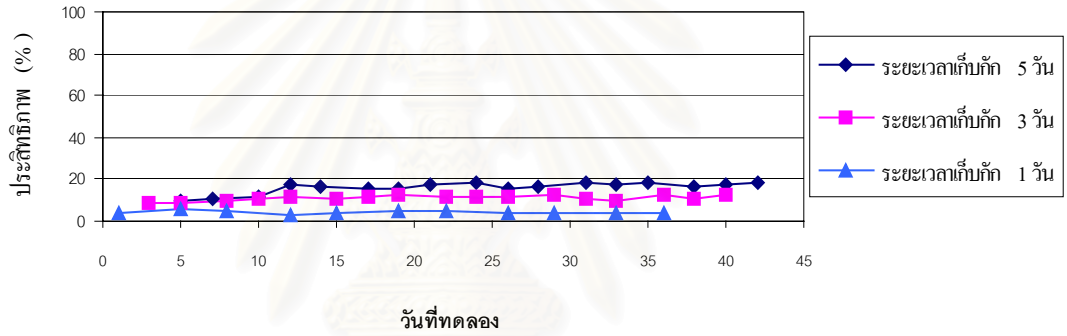


รูปที่ 4.7 ทีเคเอ็นในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม
(ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน)

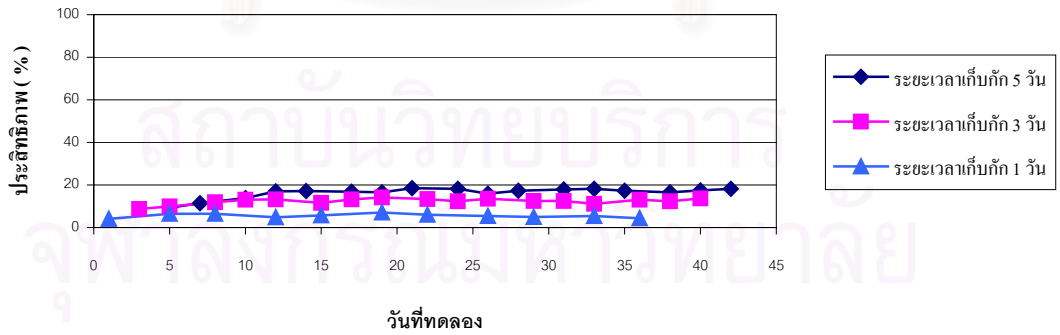
(ก) ประสิทธิภาพการกำจัดอินทรียไนโตรเจน



(ข) ประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม



(ค) ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม



รูปที่ 4.8 ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม ที่ภาระปริมาณน้ำ 2.5 4.08 และ12.3 ซม/วัน

4.2.6 ของแข็งแขวนลอย

น้ำเสียเข้าระบบของแข็งแขวนลอยในน้ำมีปริมาณสูงทำให้น้ำเสียที่เข้าระบบมีความขุ่นมากและมีสีเขียว มีสาหร่ายและตะกอนแขวนลอยขนาดใหญ่ปะปนมาด้วย

4.2.5.1 ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน

ของแข็งแขวนลอยของน้ำเข้าอยู่ระหว่าง124 – 221 มก./ล. ส่วนน้ำออกมีค่าอยู่ระหว่าง 45- 127 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยตลอดการทดลองเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 65.94 ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยมีค่าไม่สูงมากนัก

4.2.5. ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน

ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเข้าอยู่ระหว่าง 114 - 237 มก./ล.ส่วนน้ำออกมีค่าอยู่ระหว่าง 32 - 115 มก./ลประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยตลอดการทดลองเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 69.43 ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยมีค่าสูงกว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วันไม่มากนัก

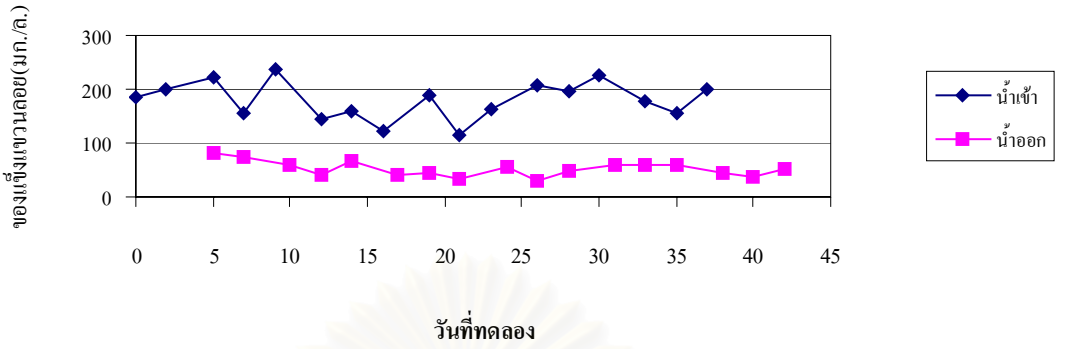
4.2.5.3 ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน

ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเข้าอยู่ระหว่าง 114 - 237 มก./ล. ส่วนน้ำออกอยู่ระหว่าง 31 - 81 มก./ล. ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยตลอดการทดลองเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 72.94

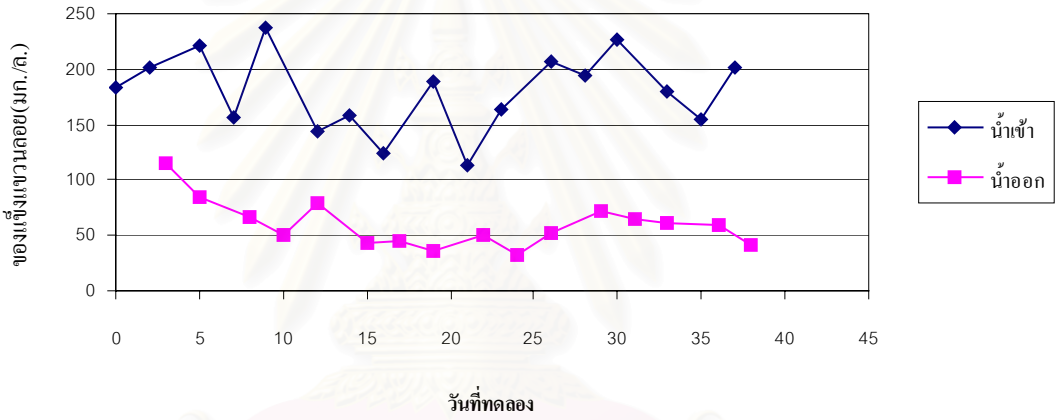
4.2.5.4 เปรียบเทียบที่ 3 ภาระปริมาณน้ำ

เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยพบว่าการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วันมีประสิทธิภาพการกำจัดตะกอนแขวนลอยสูงกว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน ร้อยละ 3.49 เนื่องจากกลไกในการกำจัดของแข็งแขวนลอยในบึงประดิษฐ์เกิดจากการทำให้ของแข็งแขวนลอยตกตะกอนและถูกดูดซับ ในระบบเพื่อจะถูกย่อยสลายต่อไป ดังนั้นเมื่อความเร็วการไหลของน้ำเสียลดลงประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยจึงเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนค่าที่ที่ภาระปริมาณน้ำ 2.50 ซม./วัน มีประสิทธิภาพการกำจัดดีกว่าการทดลองที่ภาระปริมาณน้ำ 12.30 และ4.08 ซม./วัน ไม่มากนักเนื่องจากของแข็งแขวนลอยส่วนใหญ่ตกตะกอนไปในช่วงต้นแล้ว ส่วนที่เหลืออยู่เป็นของแข็งแขวนลอยขนาดเล็ก ตกตะกอนยาก

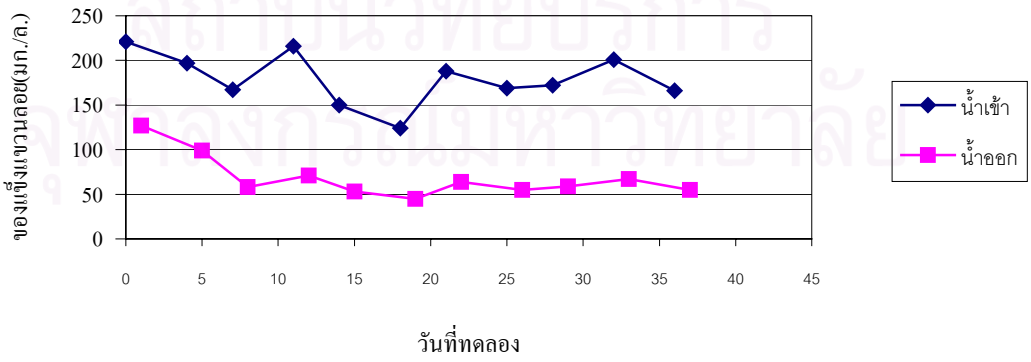
(ก)ของแข็งแขวนลอยในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน



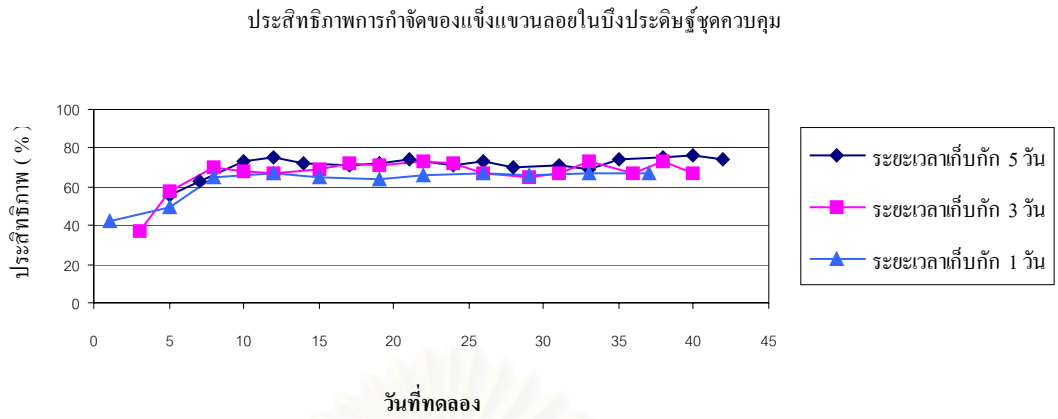
(ข) ของแข็งแขวนลอยในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน



(ค) ของแข็งแขวนลอยในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน



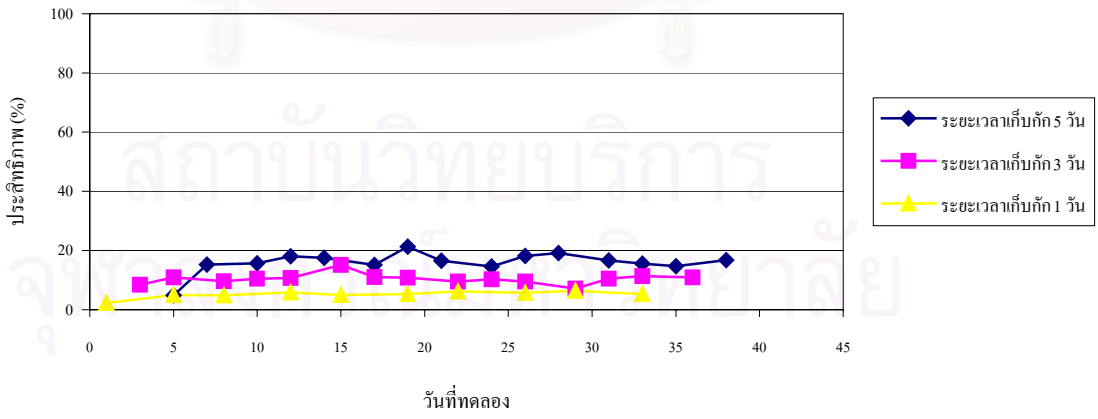
รูปที่ 4.9 ค่าของแข็งแขวนลอยในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม
(ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน)



รูปที่ 4.10 ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม (ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน)

4.2.6 ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสในน้ำเสียที่เข้าระบบมีค่าอยู่ระหว่าง 33.5 - 324.4 มก./ล. ซึ่งมีความแปรปรวนสูงมากและน้ำออก มีค่าอยู่ระหว่าง 26 - 304.5 มก./ล. ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสมีค่าต่ำ บางครั้งความเข้มข้นฟอสฟอรัสในน้ำเข้ามีค่าต่ำกว่าน้ำออก พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสมีค่าใกล้เคียงกันทุกการทดลองโดยการทดลองที่ภาระปริมาณน้ำ 12.30 4.08 และ 2.50 ซม./วัน มีประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสตลอดการทดลองเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 5.7 10 และ 12.7 ตามลำดับ



รูปที่ 4.11 ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม (ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน)

4.2.7 โคลิฟอร์มทั้งหมด

4.2.7.1 ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน

ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำเข้าอยู่ระหว่าง 1.5×10^6 - 3.0×10^6 เอ็ม.พี.เอ็น /100 มล. น้ำออกอยู่ระหว่าง 4.4×10^6- 5.4×10^6 เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล. โดยประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟอร์มทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 77.28

4.2.7.2 ที่ระยะเวาลาเก็บกัก 3 วัน

ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำเข้ามีค่าอยู่ระหว่าง 1.6×10^6 - 3.1×10^6 เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล. ส่วนในน้ำออกอยู่ระหว่าง 1100 - 1400 เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล. โดยประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟอร์มทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 99. 95

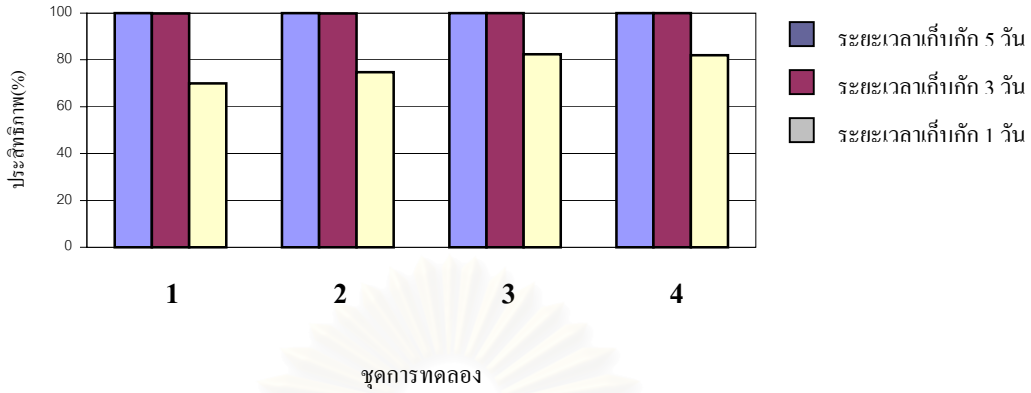
4.2.7.3 4.2.7.3 ที่ระยะเวาลาเก็บกัก 5 วัน

ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำเข้ามีค่าอยู่ระหว่าง 1.6×10^6 - 3.1×10^6 เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล. ส่วนน้ำออกอยู่ระหว่าง 800 - 1200 เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล. โดยประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟอร์มทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 99.95

4.2.7.4 เปรียบเทียบทั้ง 3 ภาระปริมาณน้ำ

ที่ระยะเวาลาเก็บกัก 1 วัน การกำจัดน้อยเนื่องจากเวลาในระบบน้อยมากทำให้โคลิฟอร์มทั้งหมดยังไม่ถูกทำลายโดยจุลชีพอื่นในระบบ แต่ที่ระยะเวาลาเก็บกัก 3 วัน และ5 วันประสิทธิภาพการกำจัดเกือบเท่ากันซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่าในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมเมื่อระยะเวลาเก็บกักตั้งแต่ 3 วันขึ้นไปเวลาไม่มีผลต่อประสิทธิ์ภาพการกำจัดโคลิฟอร์มทั้งหมด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.12 ประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟอร์มทั้งหมดในบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม ที่ภาระปริมาณน้ำ 5 3 และ 1 วัน

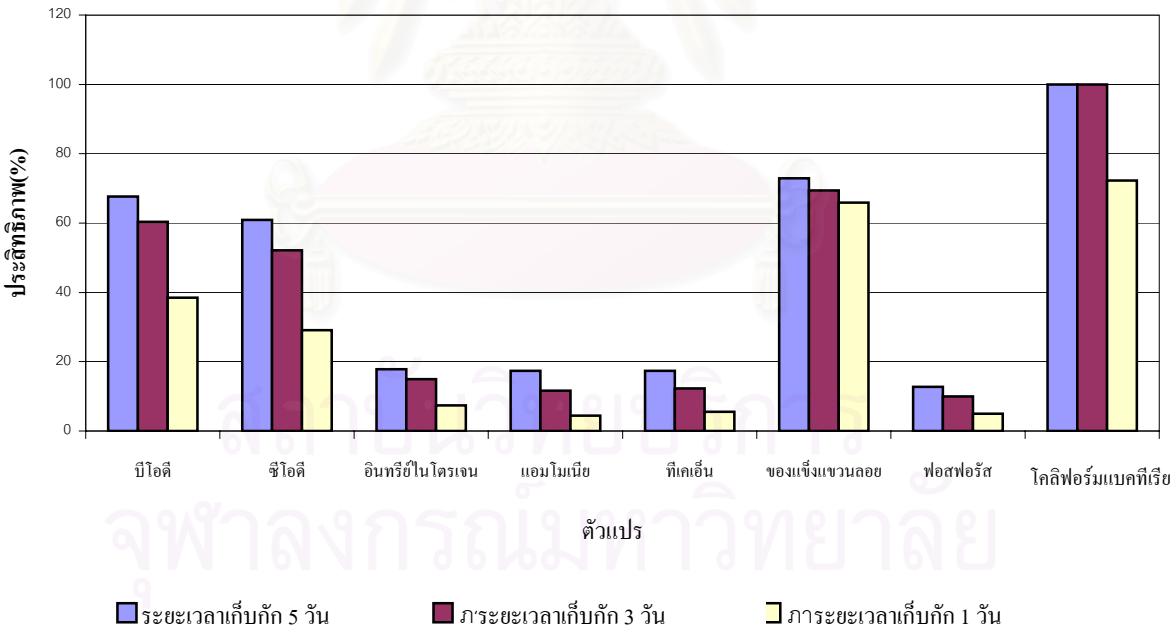
4.2.8 ประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม

ประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมในเกือบทุกตัวแปรไม่สูงนัก (ยกเว้นโคลิฟอร์มทั้งหมด) การทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน มีประสิทธิภาพการกำจัดสูงกว่าการทดลองที่ภาระปริมาณน้ำอื่นๆ ทุกตัวแปร ตัวแปรที่มีประสิทธิภาพการกำจัดค่อนข้างมากคือ ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย และ โคลิฟอร์มทั้งหมด โดยประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี ของแข็งแขวนลอย และโคลิฟอร์มทั้งหมด เท่ากับร้อยละ 60.92 72.94 และ 99.95 ตามลำดับ น้ำเสียทิ้งจากระบบมีค่าซีโอดีและของแข็งแขวนลอยเฉลี่ย 228 มก./ล. และ 58 มก./ล.ตามลำดับ เกินค่ามาตรฐานกำหนด ส่วนโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำออกเฉลี่ยเท่ากับ 1100 เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล .ต่ำกว่าค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 แล้ว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม

ตัวแปร	ประสิทธิภาพการกำจัด(%)			หมายเหตุ
	ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน	ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน	ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน	
บีโอดี	68.1	60.4	38.5	
ซีโอดี	60.92	52.12	29.09	
อินทรีย์ไนโตรเจน	17.8	14.93	7.4	
แอมโมเนีย	17.4	11.6	4.4	
ทีเคเอ็น	17.4	12.3	5.5	
ของแข็งแขวนลอย	72.94	69.43	65.94	
ฟอสฟอรัส	12.7	10	5	
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย	99.95	99.95	72.28	



รูปที่4.13 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดที่ระยะเวลาเก็บกักต่างๆของบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม

4.3 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง

จากการทดลองป้อนน้ำเสียเข้าระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วันมีสรุปผลทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.4

4.3.1 ค่าพีเอช

ค่าพีเอชน้ำที่เข้าแปลงทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 7.11 – 7.91 เมื่อน้ำเสียผ่านระบบ บึงประดิษฐ์แล้วพีเอชมีค่าอยู่ระหว่าง 6.97 – 7.60 เมื่อเปรียบเทียบระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมที่ภาระปริมาณน้ำต่างๆพบว่าค่าพีเอชปรับตัวเข้าหา 7 แต่ค่าพีเอชน้ำออกยังมีการแปรผันของตามค่าพีเอชของน้ำเข้าโดยเฉพาะการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน

4.3.2 ค่าการระเหยของน้ำ

การระเหยของน้ำในแปลงควบคุมหาจากความแตกต่างของปริมาณน้ำเสียเข้าระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง พบว่าค่าการระเหยมากกว่าในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม ส่วนของการระเหยที่เพิ่มขึ้นมาจากการคายน้ำของใบต้นก้ามกุ้งซึ่งมีการเจริญเติบโตได้ไม่ดีนักโดยการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน มีการระเหยน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 0.4 การทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน มีการระเหยมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 3.4 และการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน มีการระเหยคิดเป็นร้อยละ 2.1 เนื่องจากต้นก้ามกุ้งที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วันนั้นเจริญเติบโตได้น้อยกว่าอีก 2 การทดลองอย่างชัดเจน

4.3.3 ค่าซีโอดี

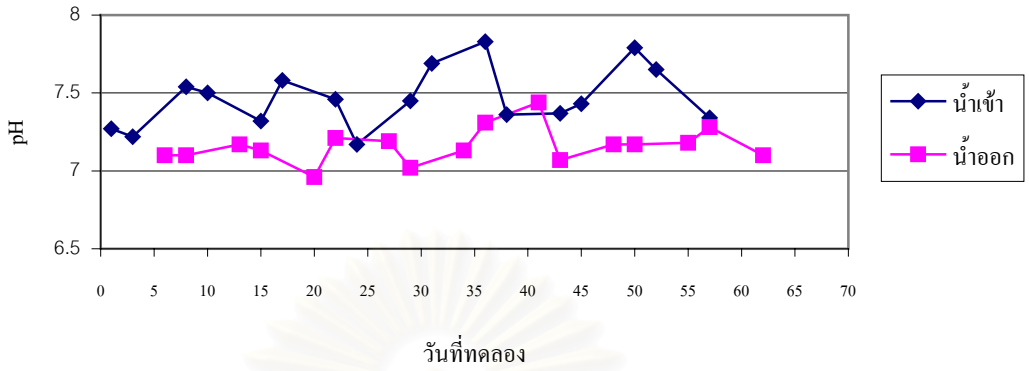
การทดลองที่ภาระปริมาณน้ำ 12.30 ซม./วัน เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้ว ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยตลอดการทดลองร้อยละ 38.99 การทดลองที่ภาระปริมาณน้ำ 4.08 ซม./วัน ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 57.06 เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการกำจัดที่ภาระปริมาณน้ำ 12.30 ซม./วัน พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสูงกว่าถึงร้อยละ 18.07 ส่วนที่ภาระปริมาณน้ำ 2.50 ซม./วัน ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยตลอดการทดลองสูงถึงร้อยละ 67.45 เป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุดในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองเดินระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้งที่ระยะเวลาเก็บกักต่างๆ

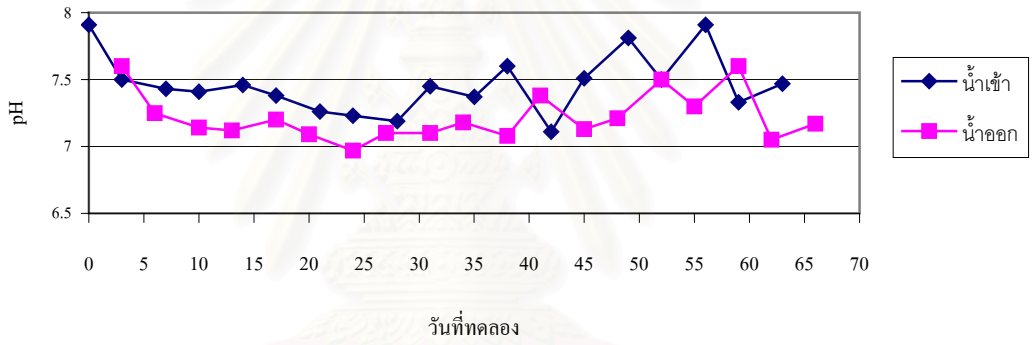
พารามิเตอร์	ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน				ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน				ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน			
	น้ำเข้า		น้ำออก		น้ำเข้า		น้ำออก		น้ำเข้า		น้ำออก	
	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	36.4-27.2	32.1	35.5-26.2	31.2	35.2-27.8	31.5	34-26.5	30.3	40.1-32.2	36.4	38.6-30.6	34.8
พีเอช	7.86-7.15	7.4	7.56-7.08	7.3	7.91-7.11	7.5	7.6-6.97	7.2	7.83-7.17	7.5	7.44-6.96	7.2
บีโอดี(มก./ล.)	144.1-108.2	133.7	105.7-48.6	70.4	191.1-99.5	134.9	101.2-33.4	55	188.6-99.27	153.2	68.5-37.1	52.1
ซีโอดี(มก./ล.)	488.3-357.8	415	332.6-216.8	259.2	494.4-314.8	397.5	342.5-134.5	190.5	599.1-240	414	344.8-188.6	163.5
อินทรีย์ไนโตรเจน(มก./ล.)	85.6-40.1	61.75	81.8-35.9	55.8	146.7-16	105.4	137.8-5	91.24	153.5-51.3	85.9	116.2-37.4	65.3
แอมโมเนียไนโตรเจน(มก./ล.)	218-95	159.1	203.2-84.9	144.8	219-24	157.8	197.3-19.8	128.9	224.6-92.3	159.1	158.64-81.24	114.1
ทีเคเอ็น(มก./ล.)	301.6-135.1	220.8	285-120.8	200.2	365.7-40	263.2	335-24.8	220.2	371.7-172.9	245	264.6-124.9	179.4
ฟอสฟอรัส(มก./ล.)	350.8-36.6	234.8	338.1-34	226.1	324.4-19.3	194.2	304.5-20.1	183.5	348.81-15.9	185	269.8-14.8	148.9
ของแข็งแขวนลอย(มก./ล.)	324.4-19.3	194.2	103-45	61.5	212-121	157.9	115-34	55.6	240-112	165.8	72-22	36.4
โคลิฟอร์ม(เอ็ม.พี.เอ็น./100 มล.)	$2.6x10^6$-$1.6x10^6$	$3.23x10^6$	$5x10^5$-$1.6x10^5$	$2.0x10^5$	$2.8x10^6$-$1.4x10^6$	$1.98x10^6$	1100-800	933.3	$3.5x10^6$-$1.6x10^6$	$2.4x10^6$	900-600	760

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

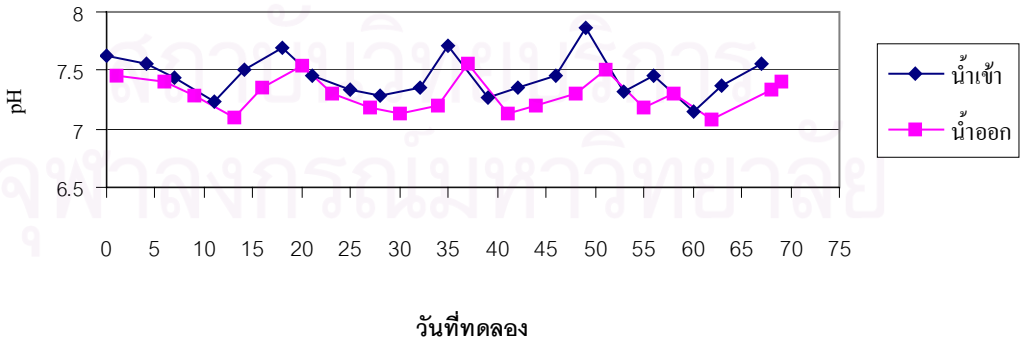
(ก) pH น้ำในบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน



(ข) pH น้ำในบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน



(ค)pH น้ำในบึงประดิษฐ์ที่ปลูกก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บ 1 วัน



รูปที่ 4.14 ค่าพีเอชในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกก้ามกุ้ง
ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ1 วัน

4.3.4 ค่าบีโอดี

เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้ว ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีเฉลี่ยตลอดการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วันเท่ากับร้อยละ 71.21 65.39 และ51.99 ตามลำดับ โดยการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วันเป็นประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีสูงสุดในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง

4.3.5 ไนโตรเจน

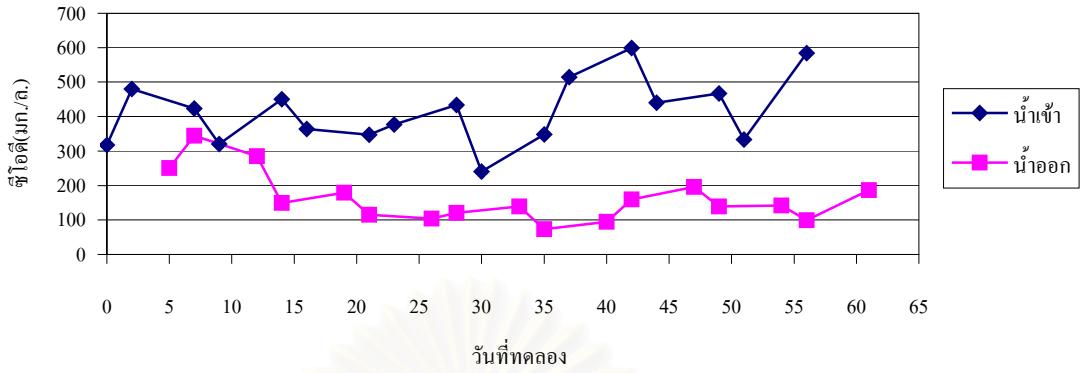
เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้ว ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นเฉลี่ยตลอดการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วันเท่ากับร้อยละ 10.2 ประสิทธิภาพการกำจัด อินทรีย์ไนโตรเจนเฉลี่ยตลอดการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน เท่ากับร้อยละ 7.4 และ ประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 10

การทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น อินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 19.3 18.7 19.7 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วันพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น อินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 9.1 11.33 และ 9.7 ตามลำดับ

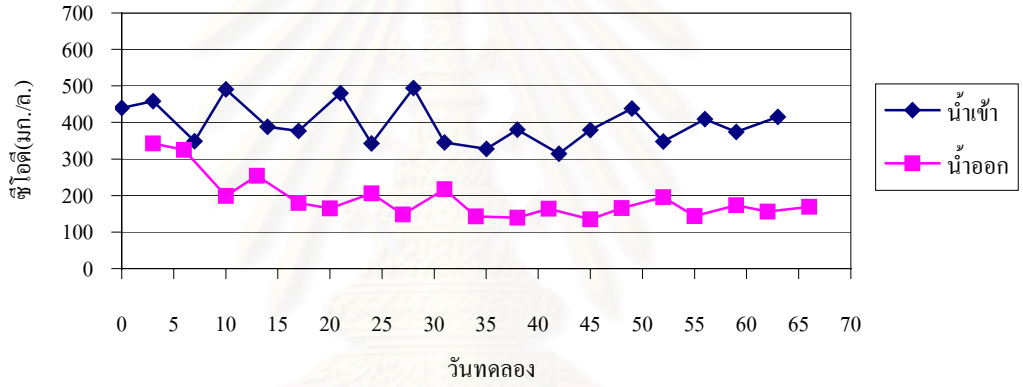
การทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น อินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 28.5 26.25 และ 29.6 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วันพบว่าประสิทธิภาพการกำจัด ทีเคเอ็น อินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 18.3 18.85 และ 19.6 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 วันพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น อินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 9.2 7.52 และ 9.9 โดยการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วันเป็นค่าภาระปริมาณน้ำที่มีประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนสูงสุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

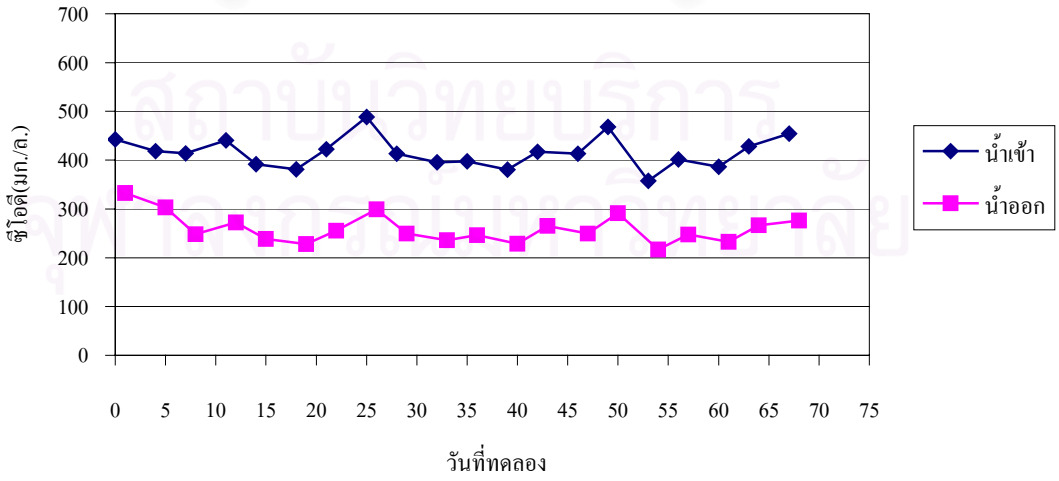
(ก) ค่าซีโอดีในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก5 วัน



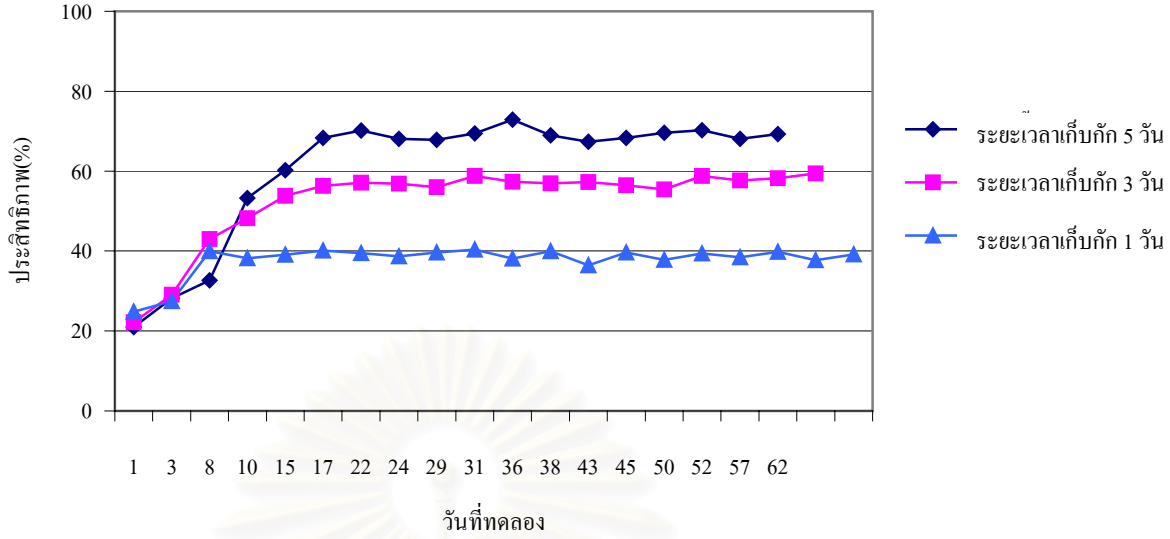
(ข) ค่าซีโอดีในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน



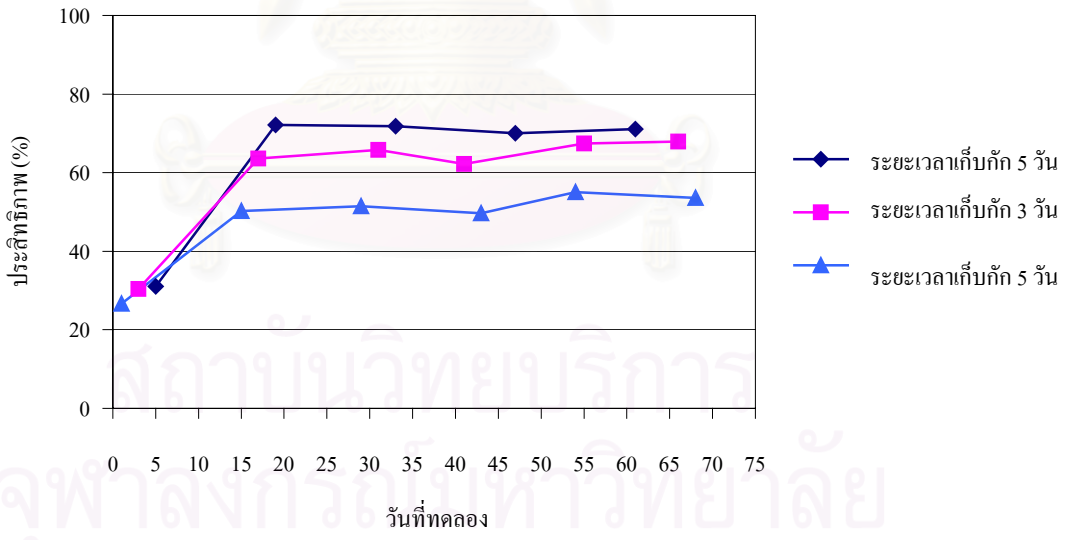
(ค) ค่าซีโอดีในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน



รูปที่ 4.15 ค่าซีโอดีในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้งที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน

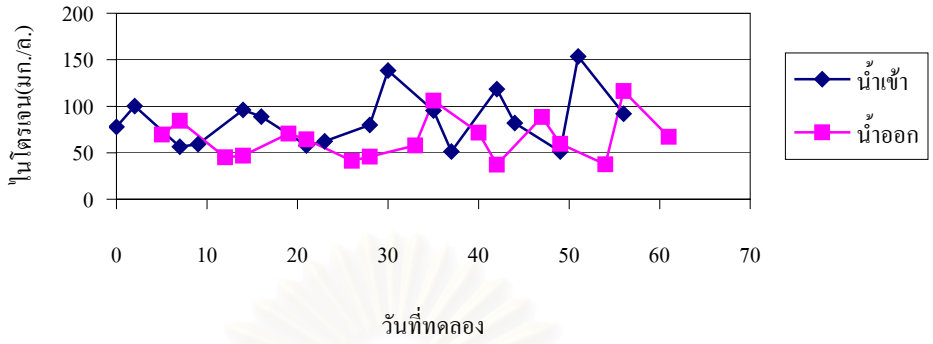


รูปที่ 4.16 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน

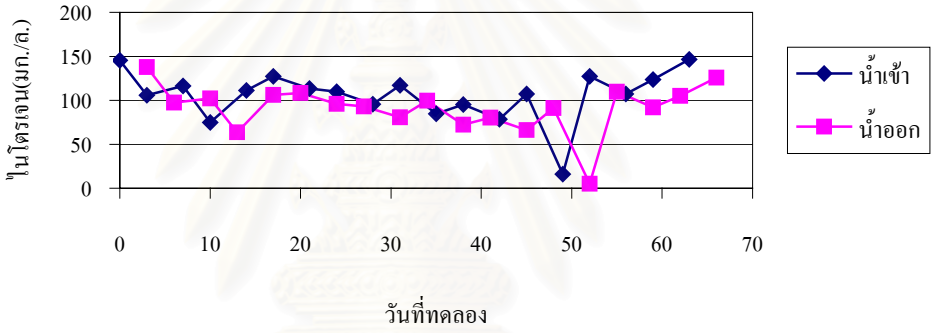


รูปที่ 4.17 ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีในในบึงประดิษฐ์ที่ปลูกก้ามกุ้ง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน

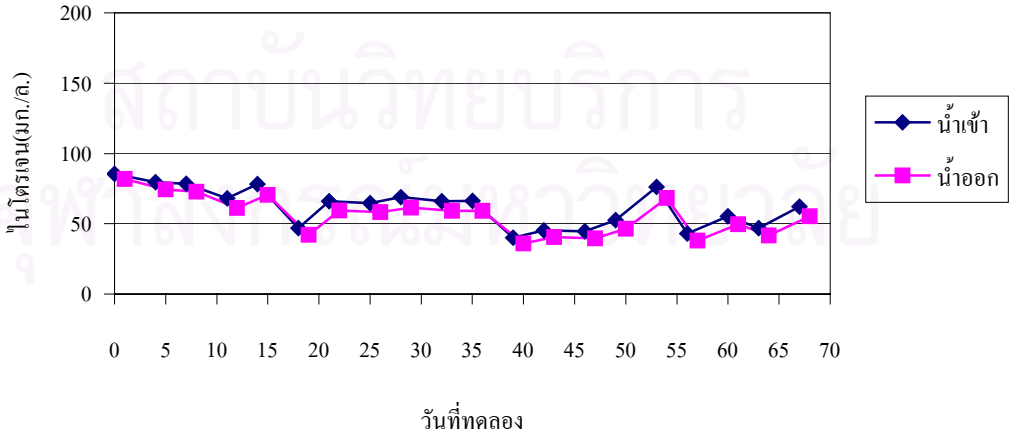
(ก)อินทรีย์ไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน



(ข) อินทรีย์ไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน

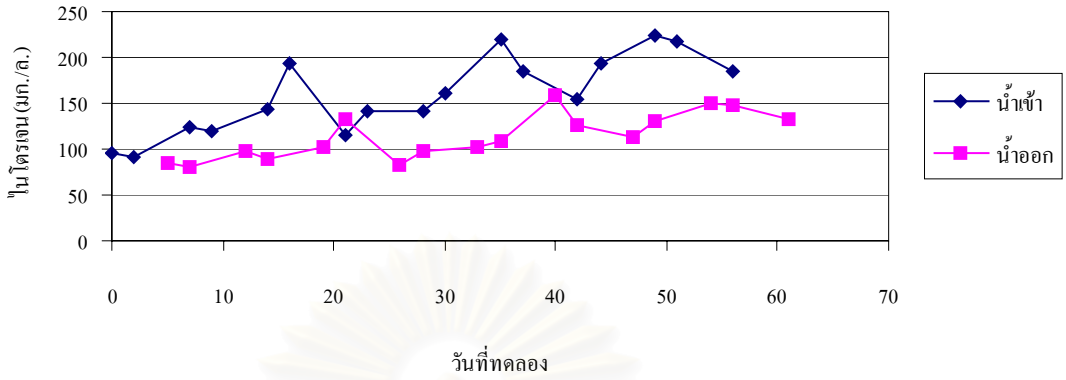


(ค) อินทรีย์ไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน

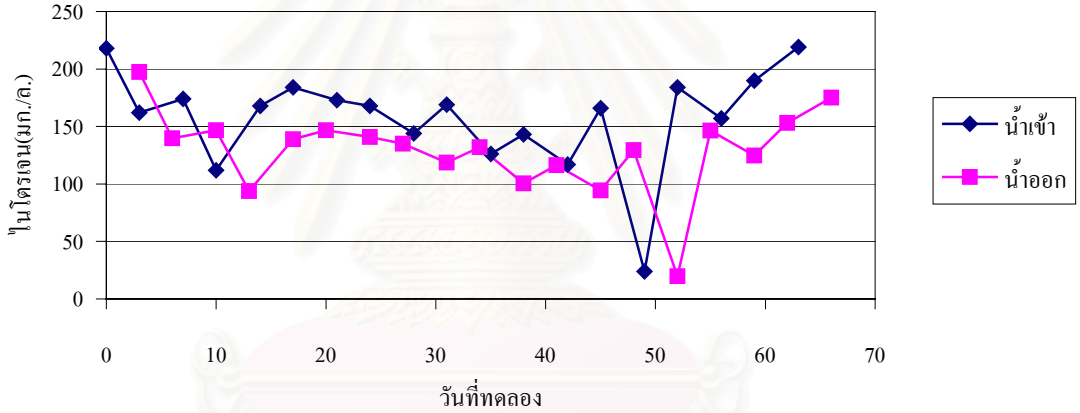


รูปที่ 4.18 อินทรีย์ไนโตรเจนในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกก้ามกุ้ง
ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน

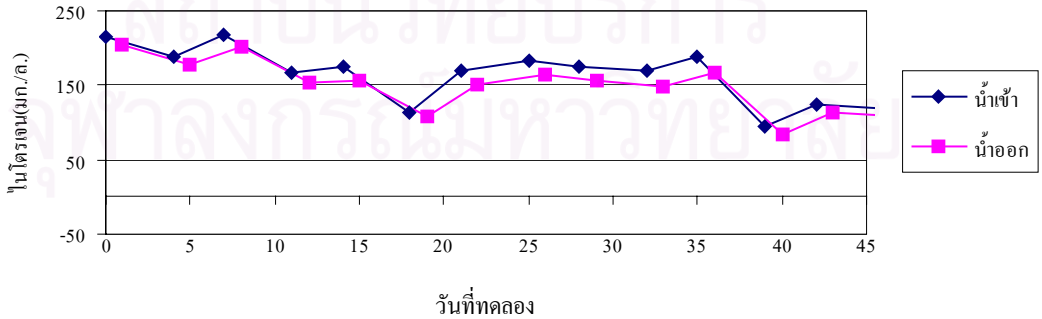
(ก) แอมโมเนียไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน



(ข)แอมโมเนียไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน

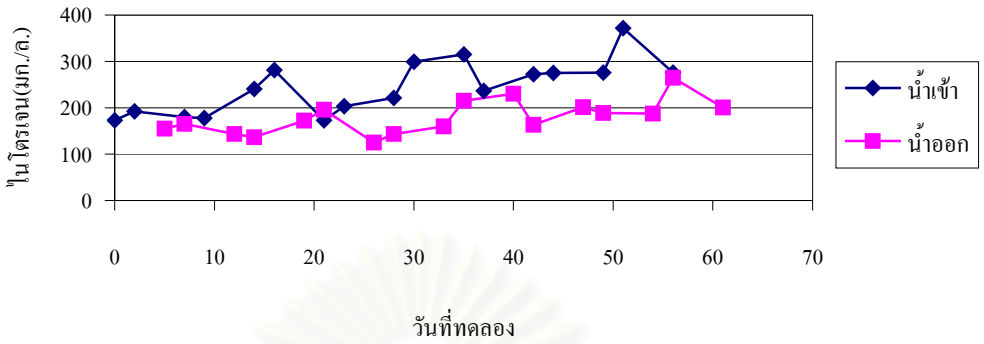


(ค)แอมโมเนียไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์ปลูกก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน

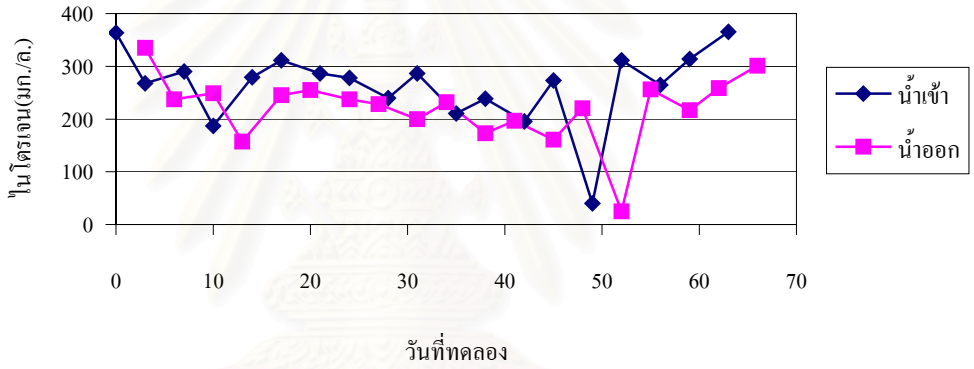


รูปที่ 4.19 แอมโมเนียในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกก้ามกุ้ง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน

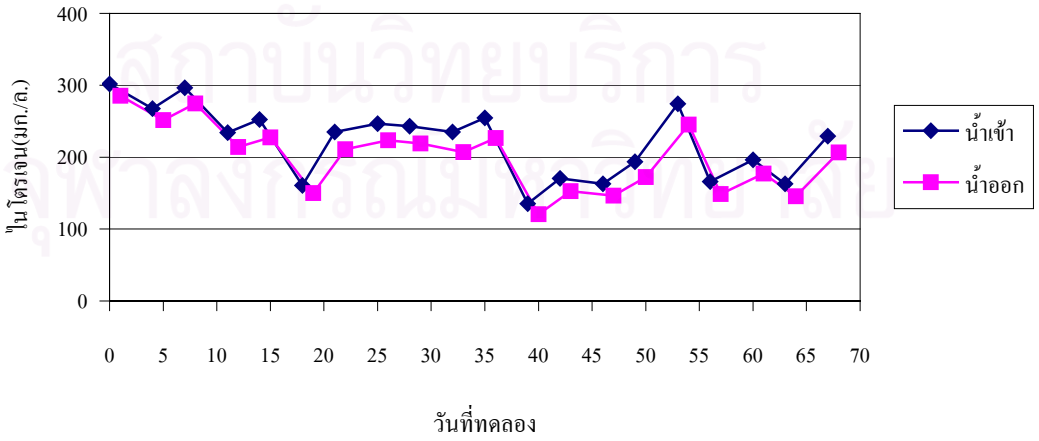
(ก) ทีเคเอ็นในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน



(ข)ทีเคเอ็นในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน

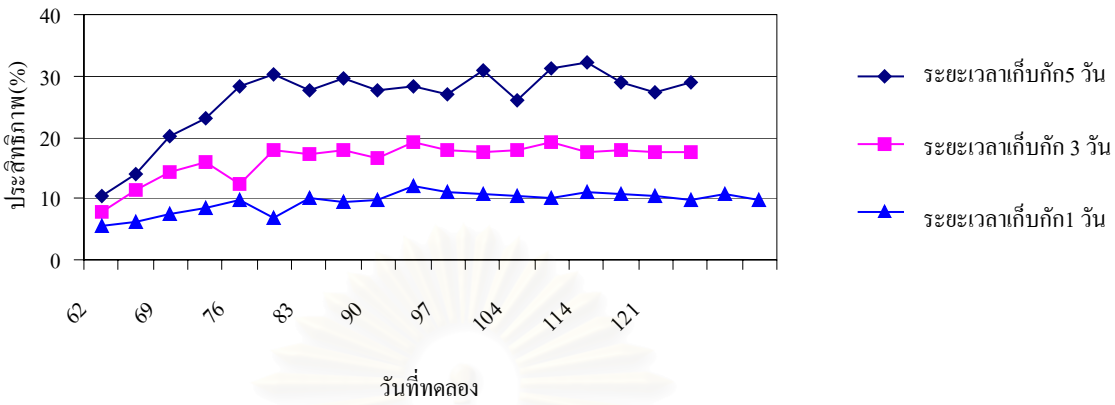


(ค) ทีเคเอ็นในบึงประดิษฐ์ปลูกก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน

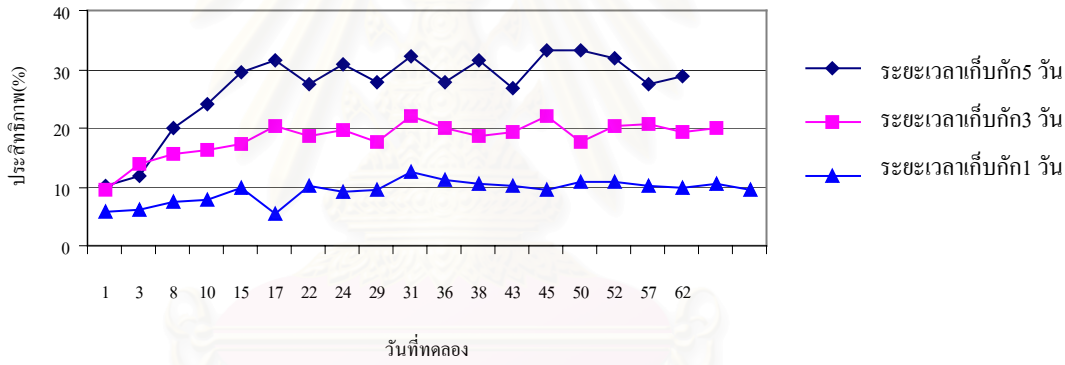


รูปที่ 4.20 ทีเคเอ็นในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกก้ามกุ้ง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน

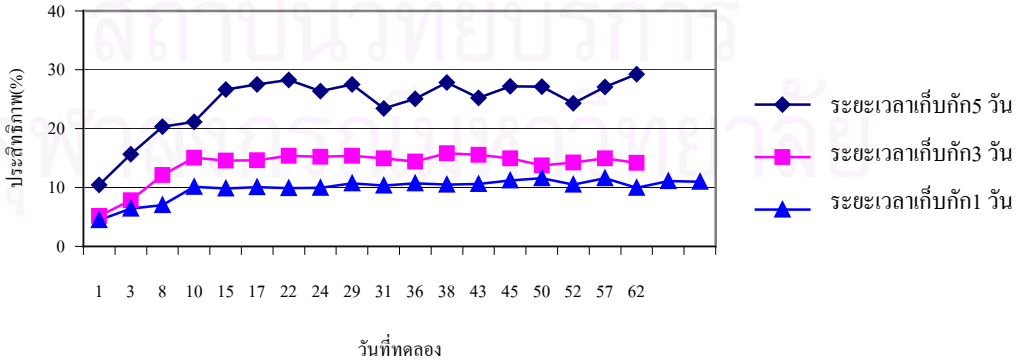
(ก)ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดของบึงประดิษฐ์ปลูกต้นก้ามกุ้ง



(ข) ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียไนโตรเจนของปลูกก้ามกุ้ง



(ค) ประสิทธิภาพการบำบัดอินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมด



รูปที่ 4.21 ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกก้ามกุ้งที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน

4.3. 6 ของแข็งแขวนลอย

การทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้ว ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 65.59 68.24 และ 82.17 เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยทั้ง 3 ภาระปริมาณน้ำ พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดของการทดลองที่ภาระปริมาณน้ำ 2.50 ซม./วัน เป็นประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยสูงสุดในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง โดยสูงกว่าการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน ร้อยละ 13.19 และ 13.93 ตามลำดับ

4.3.7 ฟอสฟอรัส

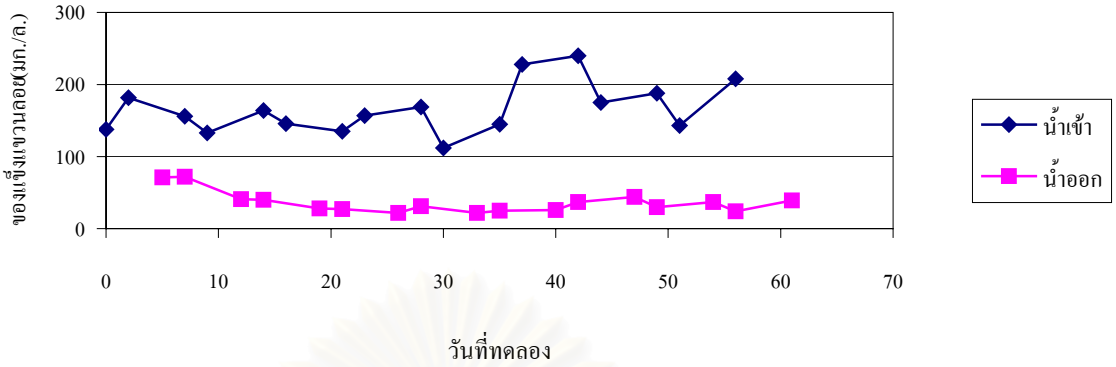
ฟอสฟอรัสในน้ำเสียที่เข้าและน้ำออกจากระบบมีความแปรปรวนสูง ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสมีค่าต่ำ โดยการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 20.88 5.77 และ3.89 ตามลำดับ

4.3.8 โคลิฟอร์มทั้งหมดทั้งหมด

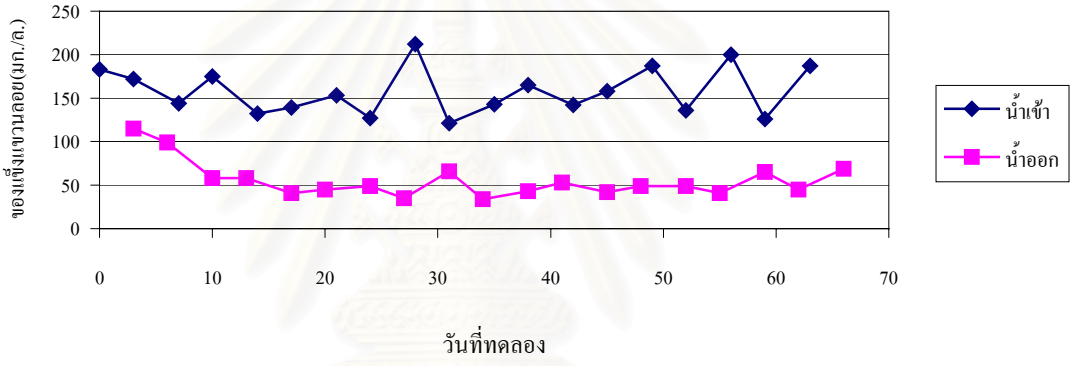
การทดลองที่ภาระปริมาณน้ำ ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟอร์มทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 99.97 99.5 และ86.95 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟอร์มที่ภาระปริมาณน้ำทั้ง 3 ค่าภาระปริมาณน้ำ พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟอร์มทั้งหมดของการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน มีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองใกล้เคียงกันคือเท่ากับร้อยละ99.5และ 99.97 เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน พบว่ามีประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟอร์มน้อยกว่าถึงร้อยละ 13.02

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

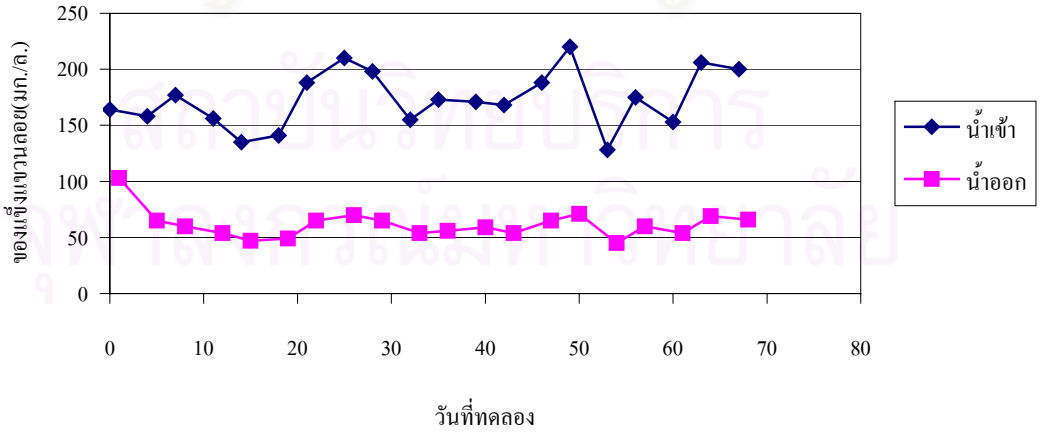
(ก)ของแข็งแขวนลอยในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน



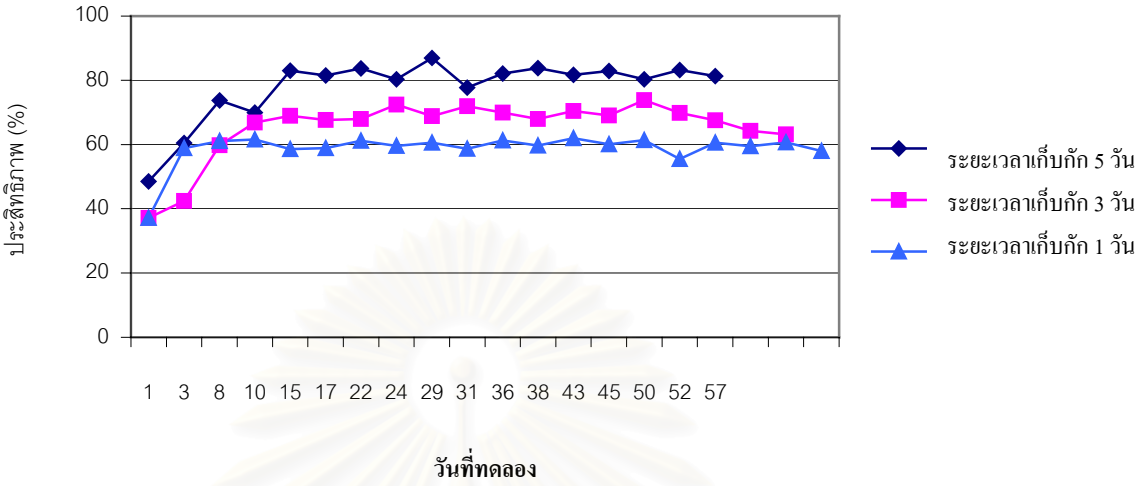
(ข) ของแข็งแขวนลอยในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน



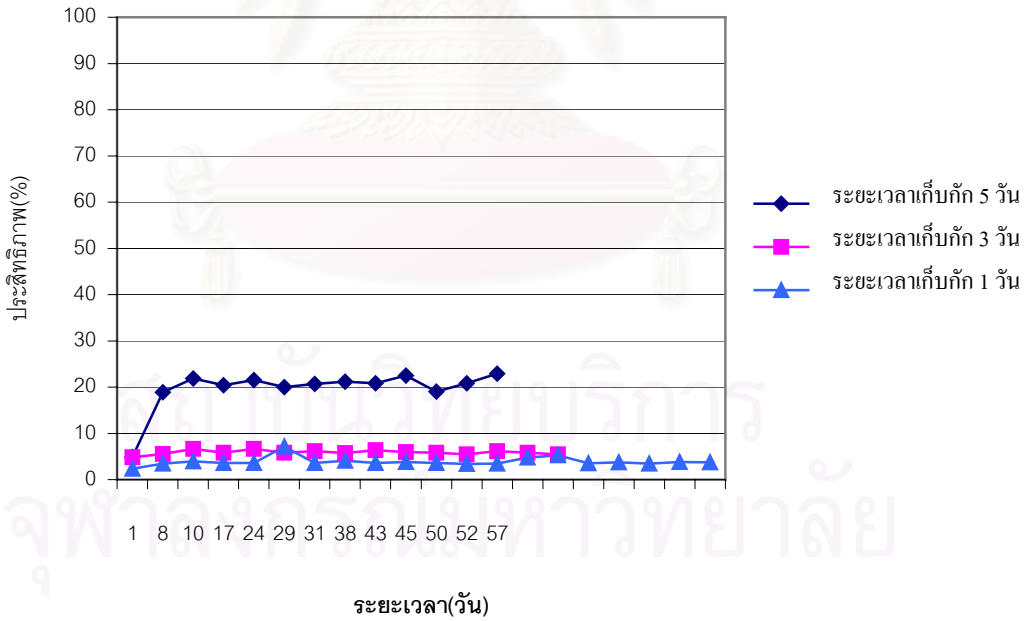
(ค) ของแข็งแขวนลอยในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน



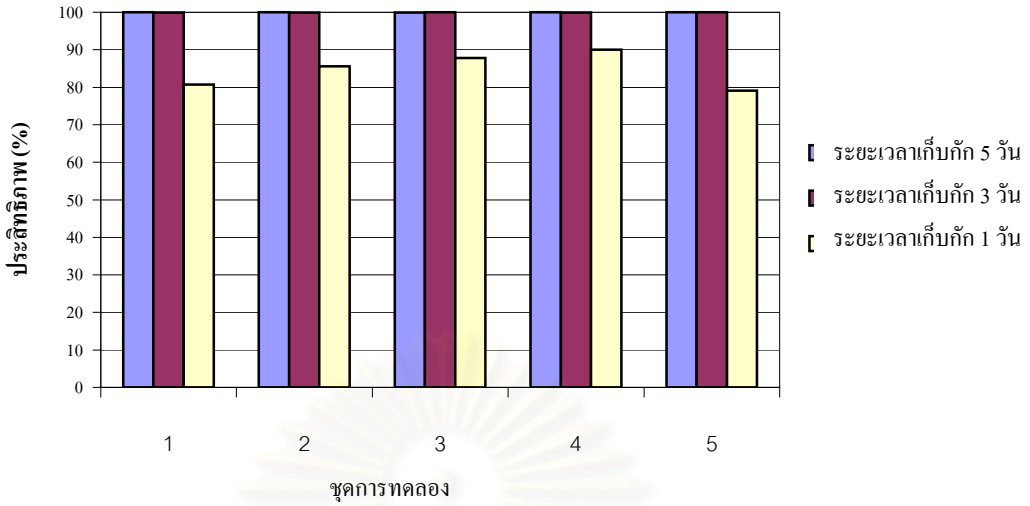
รูปที่ 4.22 ของแข็งแขวนลอยในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน



รูปที่ 4.23 ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยในบึงประดิษฐ์ปลูกก้ามกุ้ง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน



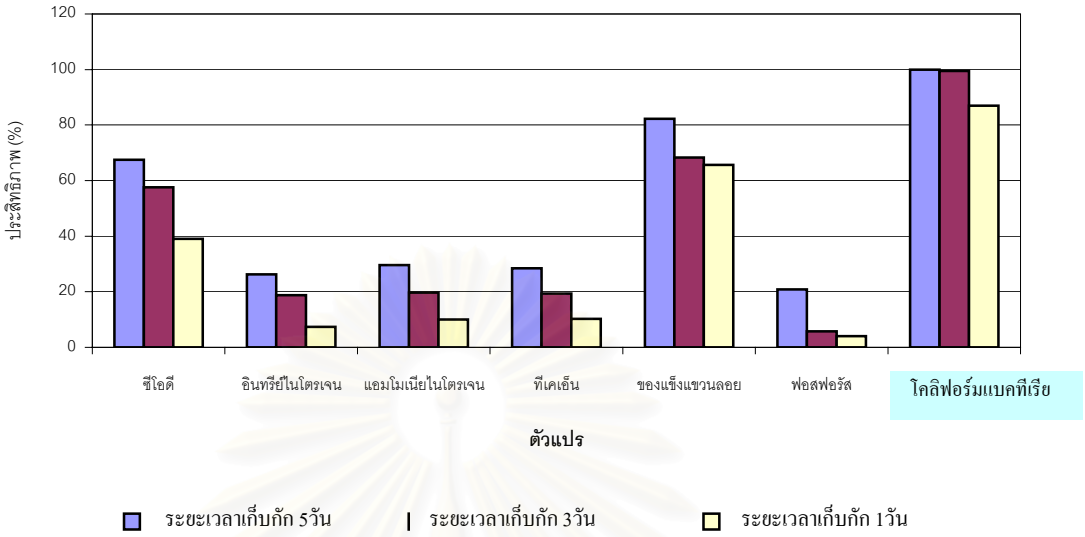
รูปที่ 4.24 ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสในบึงประดิษฐ์ปลูกก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน



รูปที่ 4.25 ประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟอร์มทั้งหมดในบึงประดิษฐ์ปลูกก้ามกุ้ง ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน

ตารางที่ 4.5 ตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์ปลูกก้ามกุ้ง

ตัวแปร	ประสิทธิภาพการกำจัด (%)			หมายเหตุ
	ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน	ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน	ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน	
บีโอดี	71.21	65.39	51.99	
ซีโอดี	68.4	57.06	38.98	
อินทรีย์ไนโตรเจน	26.25	18.73	7.4	
แอมโมเนีย	29.6	19.7	10	
ทีเคเอ็น	28.5	19.3	10.2	
ของแข็งแขวนลอย	82.17	68.24	65.59	
ฟอสฟอรัส(มก./ล.)	20.88	5.77	3.98	
คอลิฟอร์มแบคทีเรีย(มก./ล.)	99.97	99.5	86.95	



รูปที่4.26 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน ของบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง

4.4 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษี

จากการทดลองป้อนน้ำเสียเข้าระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษี ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน มีผลทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.6

4.4.1 ค่า พีเอช

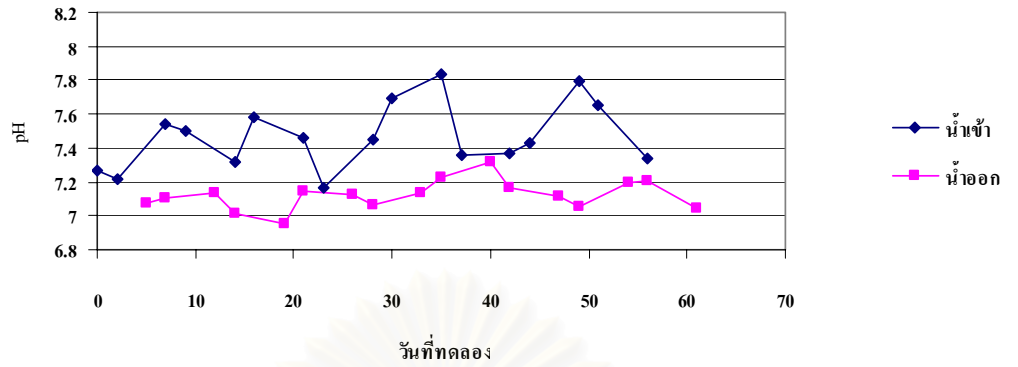
ค่า พีเอช น้ำที่เข้าแปลงทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 7.11 – 7.91 เมื่อน้ำเสียผ่านระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีแล้วพีเอชลดลงมีค่าอยู่ระหว่าง 6.95 – 7.6 เมื่อเปรียบเทียบแปลงควบคุมที่ภาระปริมาณน้ำต่างๆ จะพบว่าค่า พีเอช จะปรับตัวเข้าหา 7 และค่าพีเอชน้ำออกค่อนข้างคงที่ โดยเฉพาะที่ค่าระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองเดินระบบบึงประดิษฐ์ปลูกต้นอุปฤาษีที่ระยะเวลาเก็บกักต่างๆ

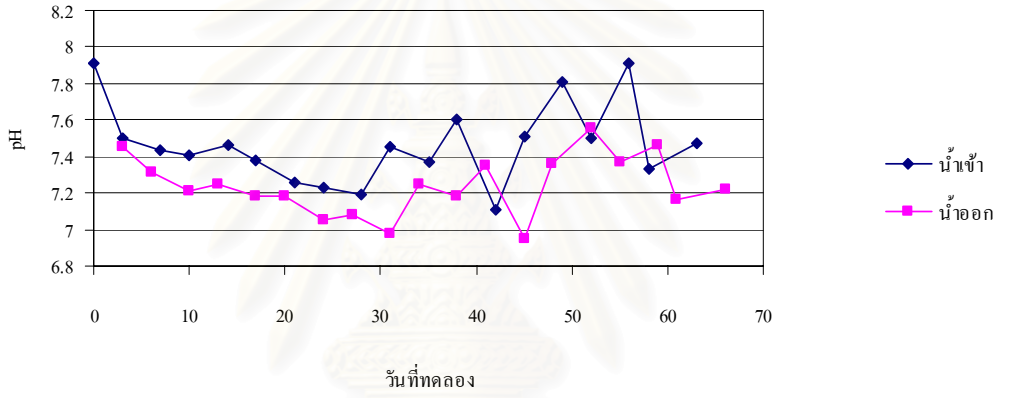
พารามิเตอร์	ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน				ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน				ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน			
	น้ำเข้า		น้ำออก		น้ำเข้า		น้ำออก		น้ำเข้า		น้ำออก	
	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	36.4-27.6	32.2	35.3-26.4	31.2	35.2-33.9	31.5	33.9-26.2	30	40.1-32.2	36.4	38.2-30.4	34.7
พีเอช	7.86-7.15	7.5	7.6-7.0	7.3	7.91-7.11	7.5	7.56-6.95	7.2	7.83-7.17	7.5	7.32-6.95	7.1
บีโอดี (มก./ล.)	144.1-108.2	133.7	94.6-41.3	58.4	191.1-99.5	134.9	88.6-25.8	51.9	188.6-99.3	153.2	56.3-10.3	26.5
ซีโอดี (มก./ล.)	488.3-357.8	415.6	311.2-173.5	213.5	494.1-314.8	397.5	342.86-122.4	162.3	599.1-240	414	160.9-30.9	115.3
อินทรีย์ไนโตรเจน (มก./ล.)	85.6-40.1	61.8	74.6-34.5	52	146.7-16	106	66.25-16.31	29.4	153.5-51.3	85.9	75.9-20.1	39.7
แอมโมเนียไนโตรเจน (มก./ล.)	218-95	159.1	187.7-97.6	130.58	208.4-135.1	170.7	38.22-24.13	30.15	224.6-92.3	159.1	114.1-52.9	83.7
ทีเคเอ็น (มก./ล.)	301.6-135.1	220.9	262.3-112.1	182.6	365.7-40	265	287-22.3	189.7	371.7-17.29	245	179.8-74.2	123.4
ฟอสฟอรัส (มก./ล.)	330-36.6	234.8	323.5-36	217.7	324.4-19.3	194.2	300.3-29.6	176.8	349.8-15.9	185	256.4-12.7	137.8
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	220-128	173.2	90-38	54	212-121	158	86-18	53.1	240-112	165.8	68-9	21.3
โคลิฟอร์ม (เอ็ม.พี.เอ็น./100 มล.)	2.2×10^{6}-1.6×10^{5}	2.02×10^{5}	6.7×10^{5}-1.1×10^{4}	7.6×10^{4}	2.8×10^{6}-3.4×10^{5}	1.98×10^{6}	1000-700	800	3.5×10^{6}-1.6×10^{5}	2.4×10^{6}	900-600	760

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

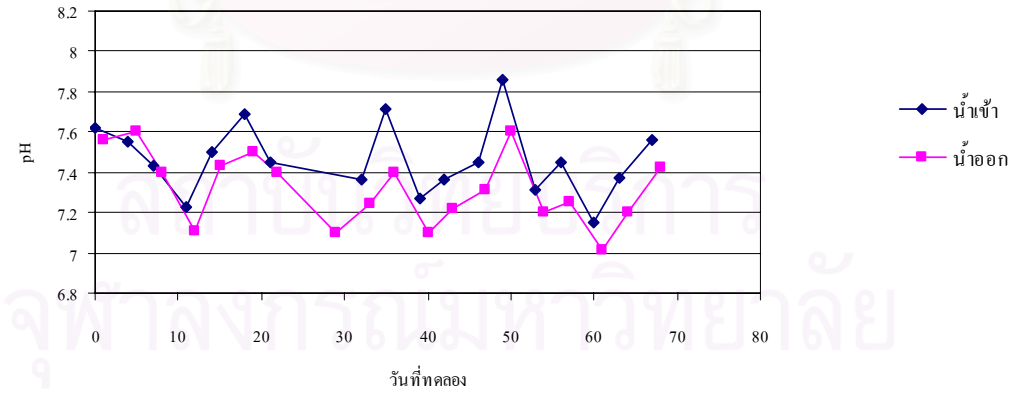
(ก) pHน้ำในบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีที่ระยะเวลาเก็บกัก5 วัน



(ข) pH น้ำในบึงประดิษฐ์ที่ปลูกธูปฤาษีที่ระยะเวลาเก็บกัก3 วัน



(ค) pHน้ำในบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีที่ระยะเวลาเก็บกัก1 วัน



รูปที่ 4.27 พีเอชในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน

4.4.2 การระเหยของน้ำ

การระเหยของน้ำที่หาจากค่าความแตกต่างของปริมาณน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกธูปฤาษี พบว่าค่าการระเหยมากกว่าในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมและระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง ส่วนใหญ่การระเหยมาจากการคายน้ำของใบต้นธูปฤาษี โดยการ ทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน มีค่าการระเหยร้อยละ 25.8 25 และ 24.58 เนื่องจากต้นธูปฤาษีที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน เจริญเติบโตได้น้อยกว่าอีก 2 ค่า

4.4.3 ซีโอดี

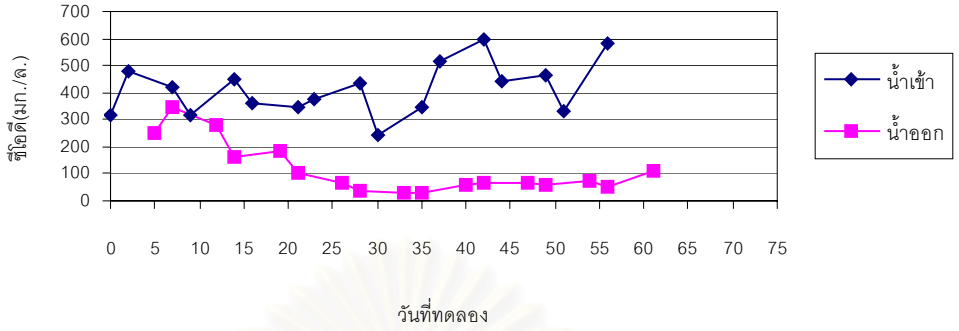
เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้ว การทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีเฉลี่ยตลอดการทดลองร้อยละ 80.97 62.38 และ 50.67 ตามลำดับ โดยค่าซีโอดีในการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด เนื่องจากระยะเวลาเก็บกักน้ำมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของจุลินทรีย์ในระบบทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์

4.4.4 บีโอดี

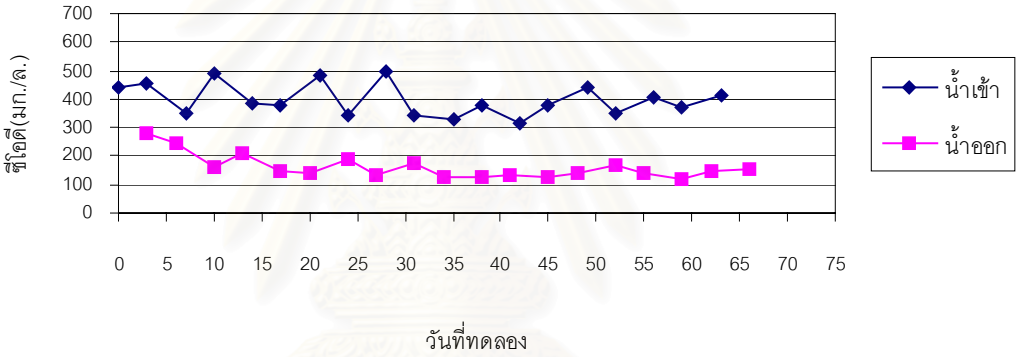
เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้ว ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีเฉลี่ยตลอดการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน เท่ากับร้อยละ 79.61 63.7และ56.69 ตามลำดับ โดยการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุดในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

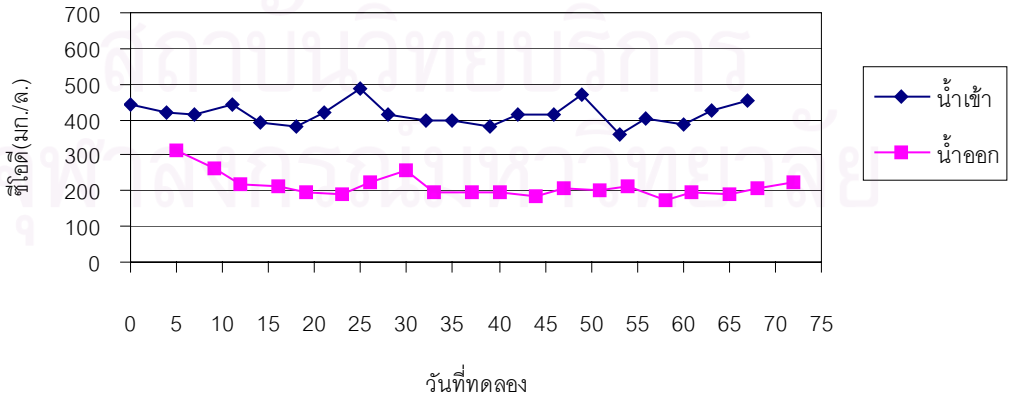
(ก) ซีโอดีในบึงประดิษฐ์ปลูกธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน



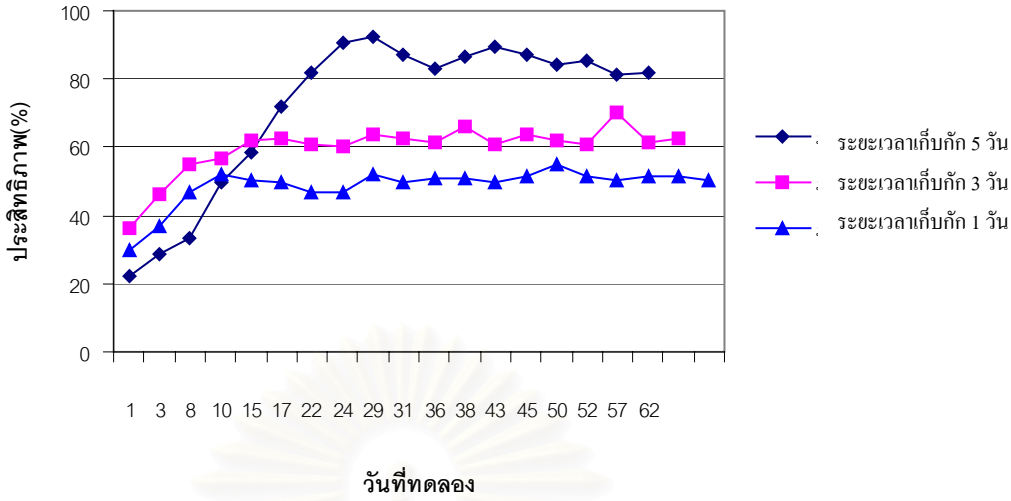
(ข) ซีโอดีในบึงประดิษฐ์ปลูกธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน



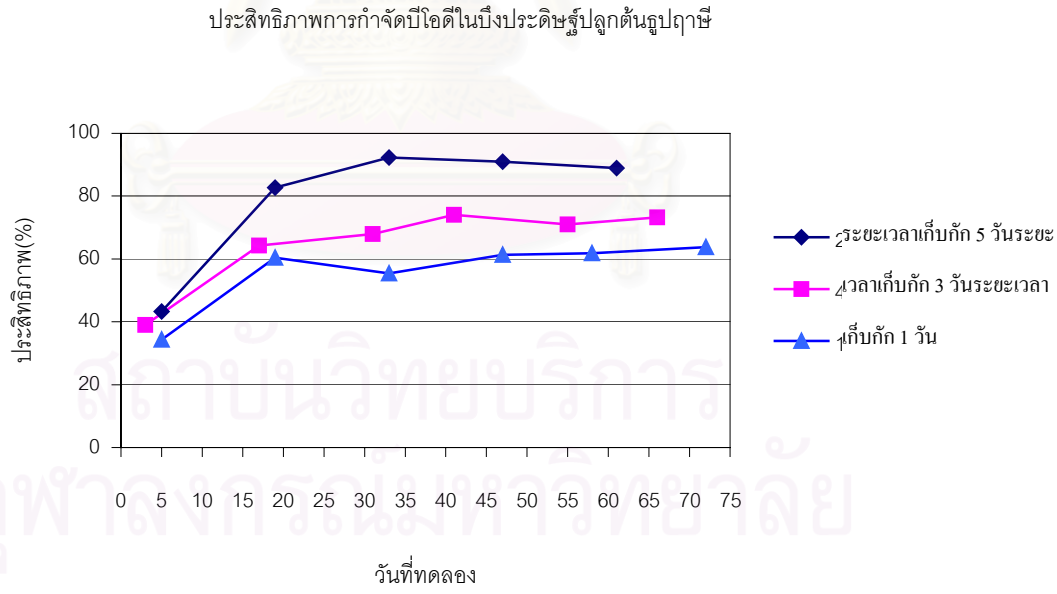
(ค) ซีโอดีในบึงประดิษฐ์ปลูกธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกักน้ำ 1 วัน



รูปที่ 4.28 ซีโอดีในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน



รูปที่ 4.29 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษี ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน



รูปที่ 4.30 ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีในบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษี ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน

4.4.5 ไนโตรเจน

เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้ว ที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น กำจัดอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 18.9 16 และ 20 ตามลำดับ

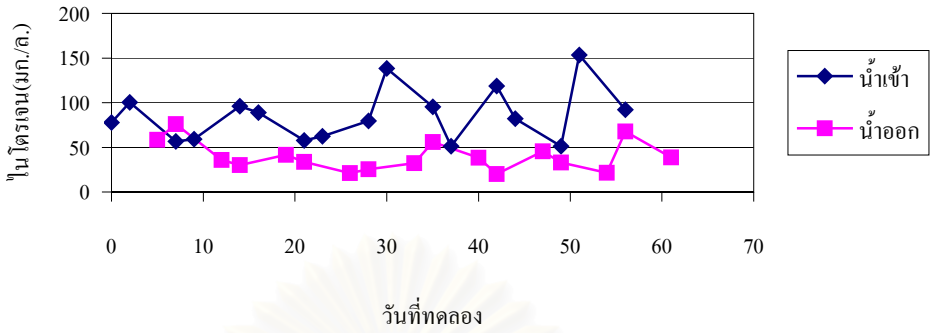
ที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น อินทรีย์ไนโตรเจน และแอมโมเนียเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 29.37 26.7 และ 29.7 ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกัน พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น อินทรีย์ไนโตรเจน และแอมโมเนียเฉลี่ยในการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน ดีกว่าการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ1 วัน ร้อยละ 10.47 10.7 และ 9.79 ตามลำดับ

ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน ประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น อินทรีย์ไนโตรเจน และแอมโมเนียเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 53.71 59.5 และ 50.9 เป็นค่าภาระปริมาณน้ำที่มีประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนสูงสุด โดยเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น อินทรีย์ไนโตรเจน และแอมโมเนียเฉลี่ยดีกว่าร้อยละ 34.81 43.5 และ 30.9 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียเฉลี่ยดีกว่าร้อยละ 24.34 32.8 และ 21.2 ตามลำดับ

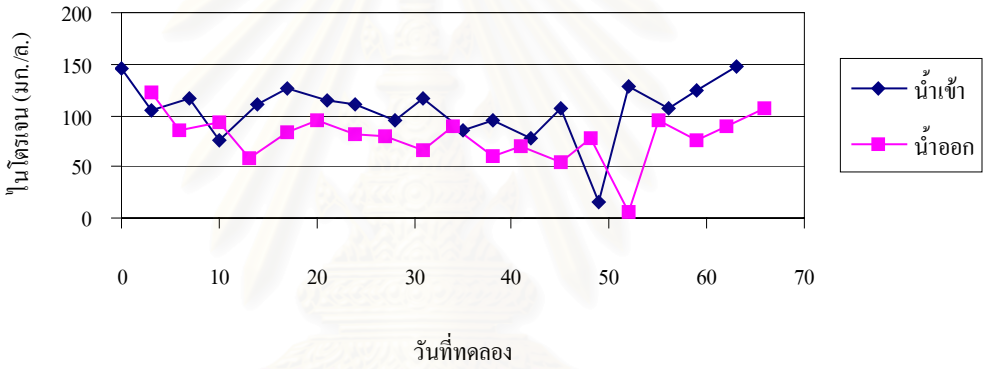
4.4.6 ของแข็งแขวนลอย

การทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้ว ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 70.17 81.64 และ 91.91 เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการกำจัดที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดดีกว่าถึง ร้อยละ 10.47 เมื่อเปรียบเทียบกันการทดลองที่ภาระปริมาณน้ำ 2.50 ซม./วัน มีประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยสูงสุดในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษี โดยประสิทธิภาพการกำจัดสูงกว่าประสิทธิภาพที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วันร้อยละ21.74 และประสิทธิภาพการกำจัดสูงกว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 วันร้อยละ10.27

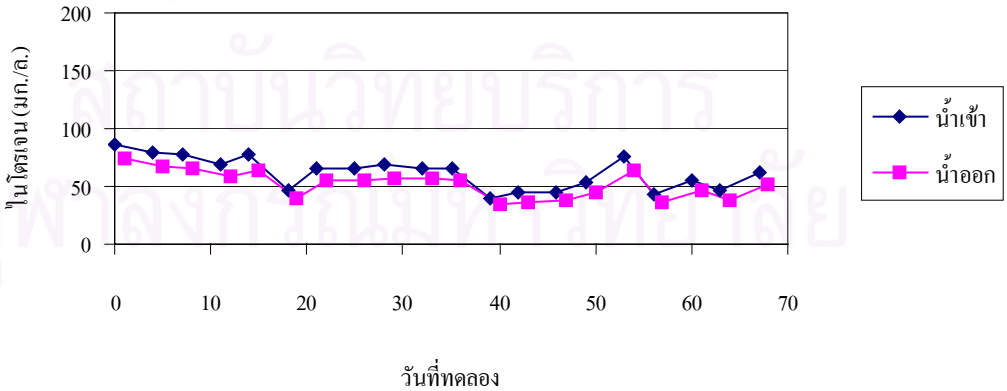
(ก) อินทรีย์ไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน



(ข)อินทรีย์ไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน

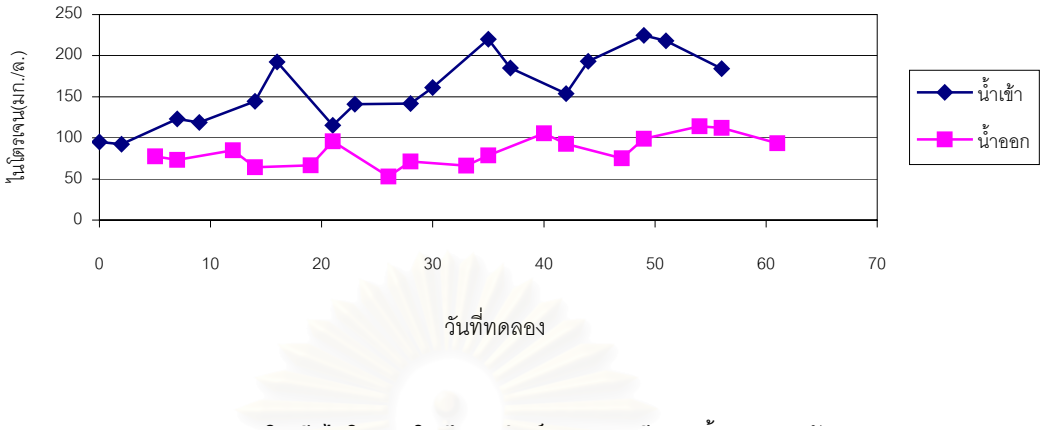


(ค) อินทรีย์ไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน

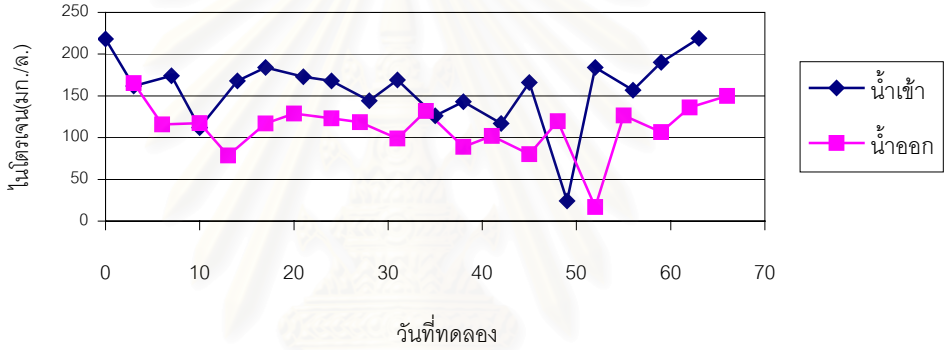


รูปที่ 4.30 อินทรีย์ไนโตรเจนในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน

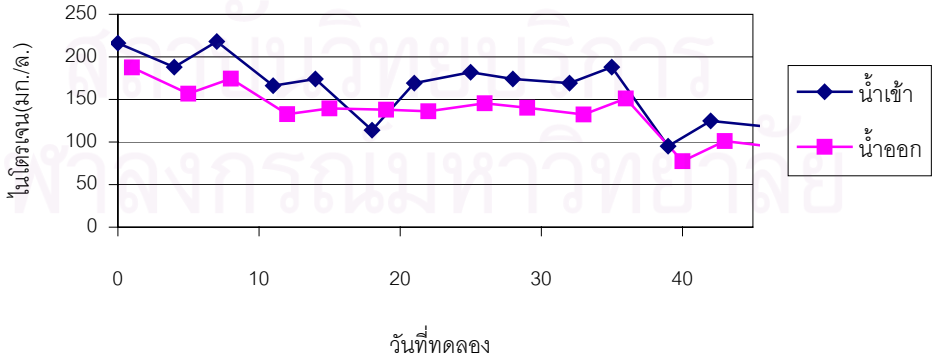
(ก)แอมโมเนียไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน



(ข)แอมโมเนียไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน

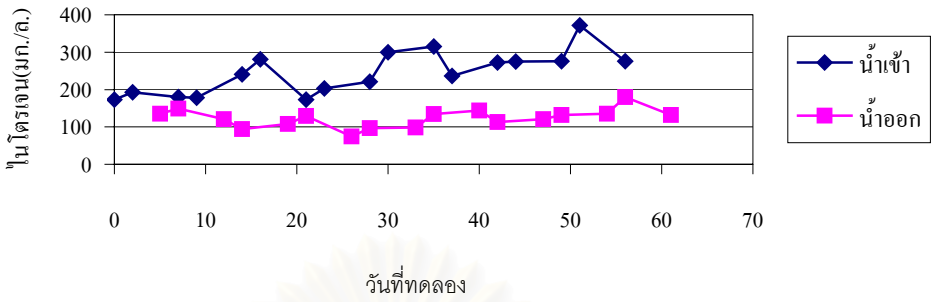


(ค)แอมโมเนียไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก1 วัน

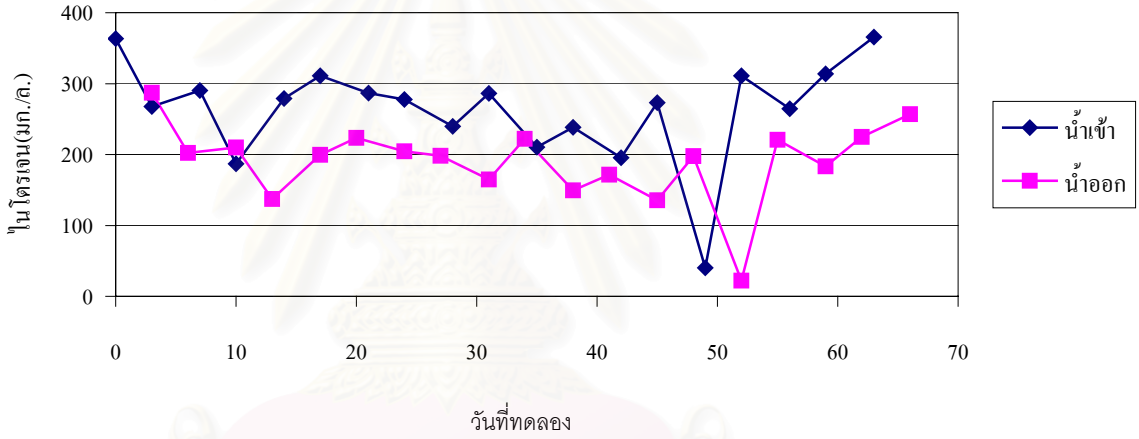


รูปที่ 4.31 แอมโมเนียในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกธูปฤาษี
(ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1วัน)

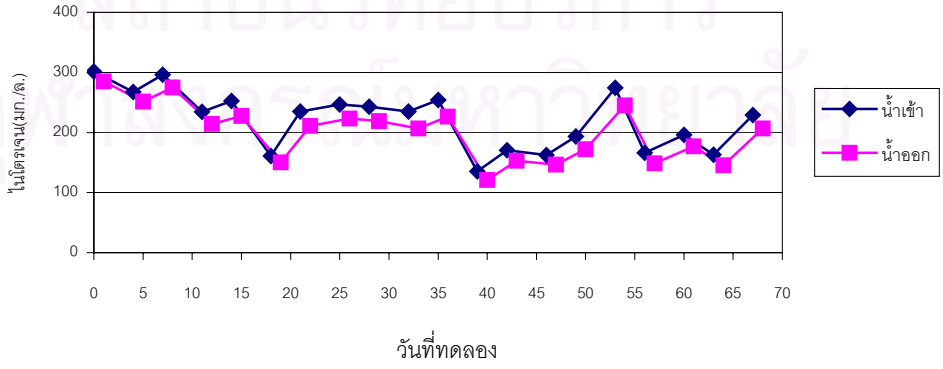
(ก)ทีเคเอ็นในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน



(ข)ทีเคเอ็นในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน

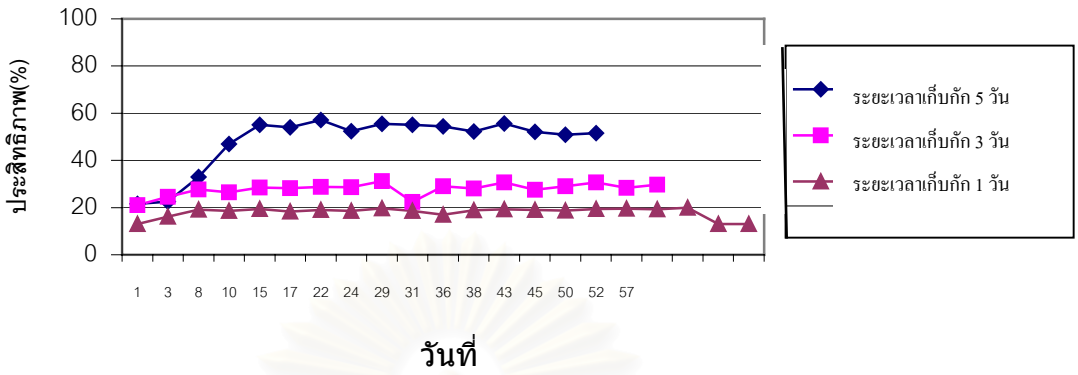


(ค)ทีเคเอ็นในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน

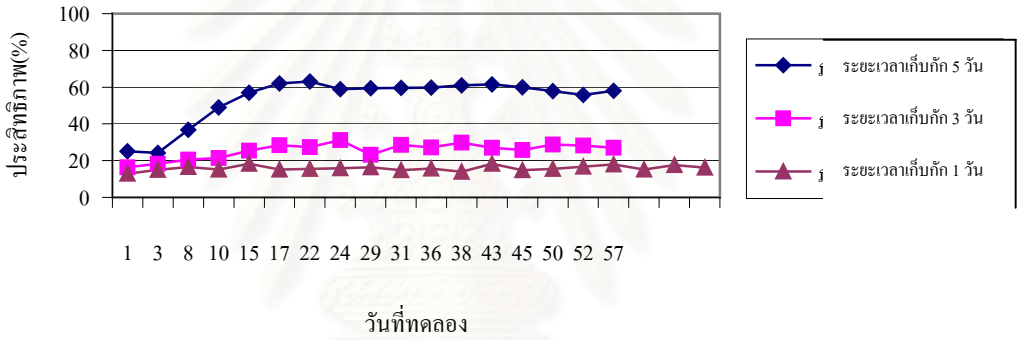


รูปที่ 4.32 ทีเคเอ็นในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกธูปฤาษี
(ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1วัน)

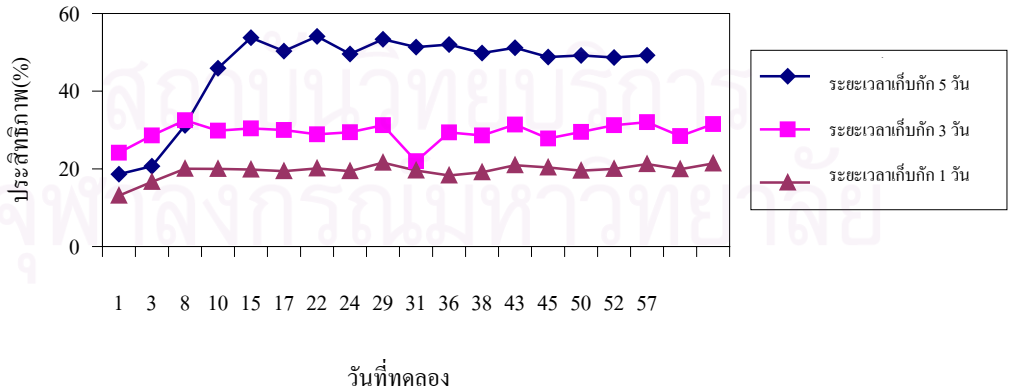
(ก)ประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็นในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นธูปฤาษี



(ข)ประสิทธิภาพการบำบัดอินทรีย์ไนโตรเจนของแปลงปลูกธูปฤาษี

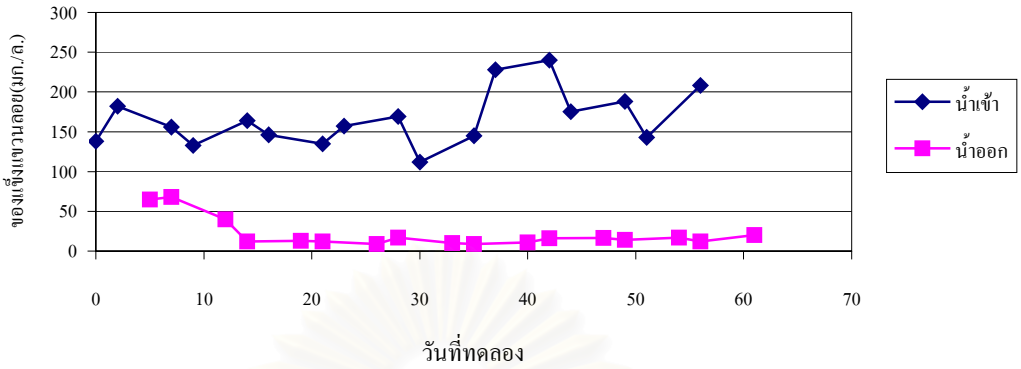


(ค)ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียไนโตรเจนของแปลงปลูกธูปฤาษี

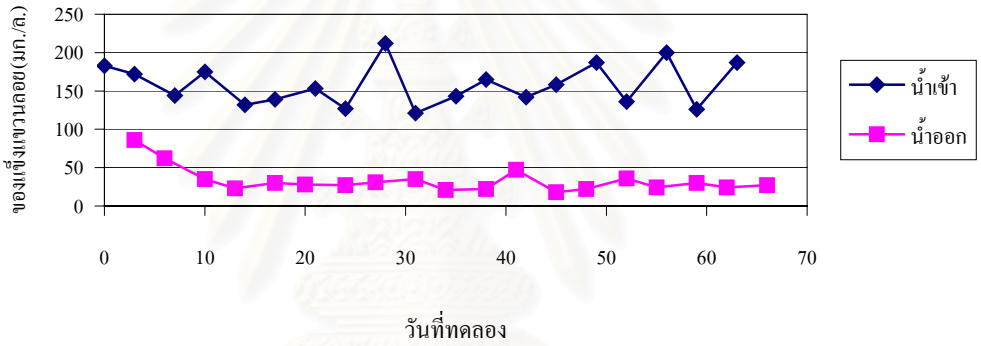


รูปที่ 4.33 ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกธูปฤาษี (ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1วัน)

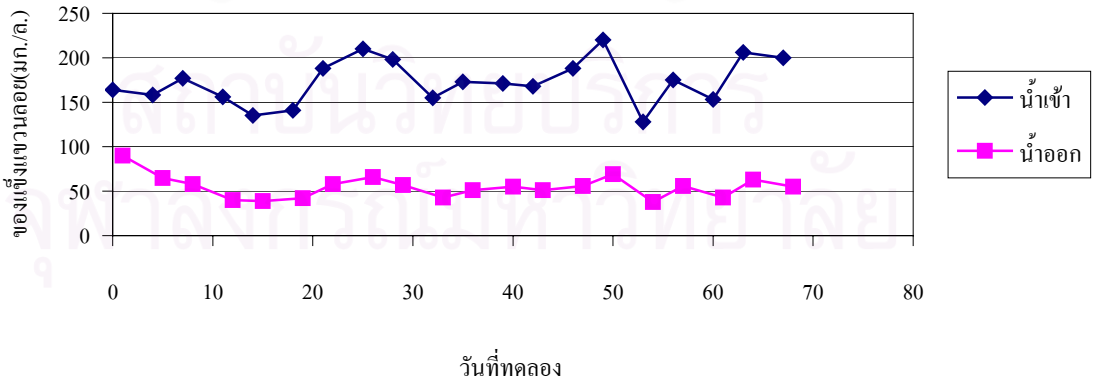
(ก)ของแข็งแขวนลอยในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก5 วัน



(ข) ของแข็งแขวนลอยในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก3 วัน



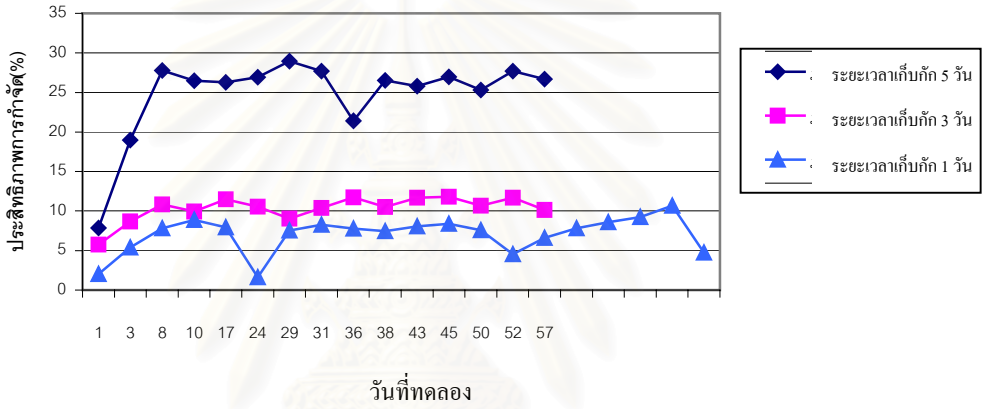
(ค)ของแข็งแขวนลอยในบึงประดิษฐ์ปลูกต้นธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก1 วัน



รูปที่ 4.34 ของแข็งแขวนลอยในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกก้ามกุ้ง
(ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1วัน)

4.4.7 ฟอสฟอรัส

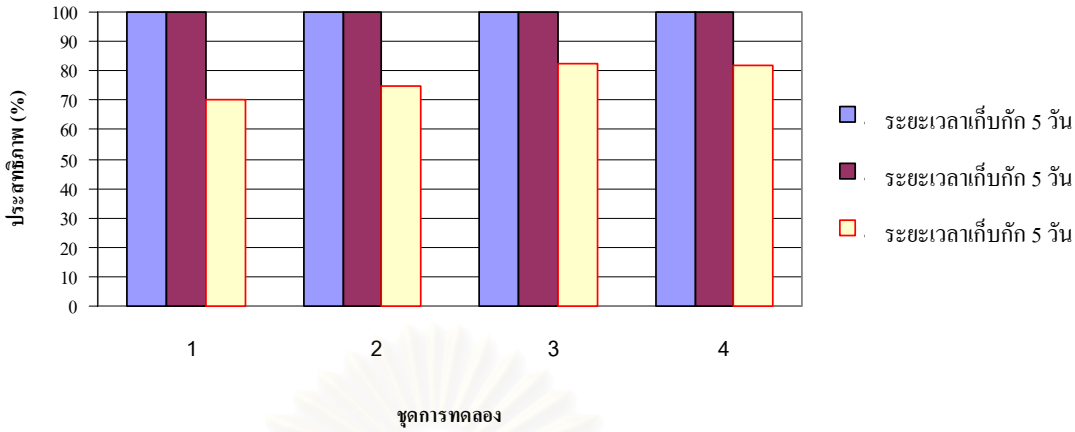
ค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในน้ำเสียที่เข้าระบบและน้ำทิ้งออกจากระบบแปรปรวนมาก การทดลองที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1 วัน ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 26.5 10.8 และ7.42 โดยการทดลองที่ภาระปริมาณน้ำ 2.50 ซม./วัน มีประสิทธิภาพการกำจัดสูงที่สุด



รูปที่ 4.35 ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษี (ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1วัน)

4.4.8 โคลิฟอร์มทั้งหมด

ที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน ประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟอร์มทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 98.85 ที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน ประสิทธิภาพการกำจัด โคลิฟอร์มทั้งหมดเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ 99.95 เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน พบว่ามีประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟอร์มทั้งหมดดีกว่าถึงร้อยละ 1.1 และ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน ประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟอร์มทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับร้อยละ99.97 เมื่อเปรียบเทียบกับที่ภาระปริมาณน้ำ 12.30 ซม./วันพบว่ามีประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟอร์มทั้งหมดดีกว่าร้อยละ 1.12 และ เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน พบว่ามีประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟอร์มทั้งหมดดีกว่าเพียงร้อยละ 0.02



รูปที่ 4.36 ประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟอร์มทั้งหมดในบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษี (ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 3 และ 1วัน)

ตารางที่ 4.7 ตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษี

ตัวแปร	ประสิทธิภาพการกำจัด(%)			หมายเหตุ
	ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน	ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน	ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน	
บีโอดี	79.61	63.7	56.69	
ซีโอดี	80.79	62.38	50.67	
อินทรีย์ไนโตรเจน	59.5	26.7	16	
แอมโมเนีย	50.9	29.7	20	
ทีเคเอ็น	53.71	29.37	18.9	
ของแข็งแขวนลอย	91.91	81.64	70.17	
ฟอสฟอรัส	20.65	10.8	7.24	
คอลิฟอร์มแบคทีเรีย	99.97	99.95	98.85	

4.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลทดลองตอนที่ 4.2 4.3 และ4.4 เมื่อทำประสิทธิภาพเฉลี่ยการกำจัดของบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษี ต้นก้ามกุ้ง และชุดควบคุม มาเปรียบเทียบกันจะได้ผลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.8 ประสิทธิภาพการกำจัดของบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษี ต้นก้ามกุ้ง และชุดควบคุมที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน

ตัวแปร	ประสิทธิภาพที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน (%)		
	ชุดควบคุม	ก้ามกุ้ง	ธูปฤาษี
บีโอดี	68.1	72.21	79.61
ซีโอดี	60.92	67.45	80.79
อินทรีย์ไนโตรเจน	17.83	26.25	59.5
แอมโมเนีย	17.4	29.6	50.9
ทีเคเอ็น	17.4	28.5	53.71
ของแข็งแขวนลอย	72.94	82.17	91.91
ฟอสฟอรัส	12.7	20.88	20.65
โคลิฟอร์มทั้งหมด	99.95	99.97	99.97

4.5.1 การระเหยของน้ำ

ค่าการระเหยของน้ำในแปลงควบคุมมีการระเหยน้อยที่สุดคือร้อยละ 0.3 ส่วนค่าการระเหยสูงสุดเป็นค่าการระเหยในแปลงปลูกธูปฤาษีคือเฉลี่ยร้อยละ 25.8 แสดงว่าการระเหยส่วนใหญ่เกิดจากการคายน้ำของพืช โดยพบว่าธูปฤาษีช่วยให้การระเหยของน้ำสูงกว่าระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมที่ภาระปริมาณน้ำ 2.50 ซม./วัน ถึงร้อยละ25.5 ส่วนต้นก้ามกุ้งนั้น มีค่าการระเหยสูงกว่าแปลงควบคุมเล็กน้อย เนื่องจากการเจริญเติบโตของต้นก้ามกุ้งในระบบบึงประดิษฐ์เป็นไปได้ช้า โดยเฉพาะเมื่อภาระปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(ก) ต้นก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน (ข) ต้นก้ามกุ้งที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน

รูปที่ 4.37 ต้นก้ามกุ้งที่ภาระปริมาณน้ำ 2.50 และ 12.30 ซม./วัน

(ก) ต้นธูปฤาษีที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน (ข) ต้นธูปฤาษีที่ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน

รูปที่ 4.38 ต้นก้ามกุ้งที่ภาระปริมาณน้ำ ระยะเวลาเก็บกัก 5 และ 1 วัน

4.5.2 การกำจัด ซีโอดี

พบว่าในแปลงที่ปลูกพืชชนิดเดียวกันนั้น ที่ภาระปริมาณน้ำมีผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีลดต่ำลง เนื่องจากกระบวนการกำจัดซีโอดีของระบบบึงประดิษฐ์นั้น ส่วนใหญ่เป็นการกำจัดโดยการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ ยกเว้นบริเวณรากซึ่งมีออกซิเจนดังนั้นประสิทธิภาพการกำจัดจึงถูกควบคุมโดยปริมาณอากาศที่เข้าสู่ชั้นตัวกลาง (Katrin และ Sabin, 1997) การเพิ่มปริมาณน้ำเป็นการเพิ่มภาระของสารอินทรีย์ แต่ปริมาณอากาศในระบบรากคงที่ ดังนั้นประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีลดลงเมื่อภาระของปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ระบบบึงประดิษฐ์กำจัดสารอินทรีย์โดยการกรอง เมื่อภาระปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นความเร็วการไหลเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการกรองลดลงทำให้มีสารอินทรีย์หลุดออกจากระบบมากขึ้นด้วย

หากเปรียบเทียบภาระปริมาณน้ำเท่ากัน พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของต้นธูปฤาษีดีที่สุด เนื่องจากต้นธูปฤาษีมีรากมากและกระจายตัวได้ดีกว่ารากของต้นก้ามกุ้งโดยรากของต้นธูปฤาษีมีความยาว 30 ซม. ในขณะที่รากของต้นก้ามกุ้งมีความยาว 15 ซม.เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำให้มีปริมาณออกซิเจนที่เข้าสู่ระบบมีมากกว่าและกระจายตัวได้ดีกว่า ทำให้เกิดการกำจัดสารอินทรีย์โดยใช้ออกซิเจนมากขึ้น ระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีจึงมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีกว่า ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีจึงมากขึ้นด้วย

(ก) รากต้นก้ามกุ้ง (ข) รากต้นธูปฤาษี

รูปที่ 4.39 รากต้นก้ามกุ้งและรากต้นธูปฤาษีเมื่อสิ้นสุดการการวิจัย(อายุ 298 วัน)

4.5.2 การกำจัด บีโอดี

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีสูงสุดของระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม และ ระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้งสูงกว่าร้อยละ 3.1 เนื่องจากระบบรากของต้นก้ามกุ้งทำให้ออกซิเจนที่เข้าสู่ระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้งมากกว่าชุดควบคุม ทำให้ความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นได้มากกว่า

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีสูงสุดของระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม ระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง และระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษี พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีสูงกว่าระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม และระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้งร้อยละ 11.5 และ8.4 เนื่องจากระบบรากของต้นธูปฤาษีทำให้ออกซิเจนที่เข้าสู่ระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้งมากกว่าชุดควบคุม ทำให้ความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นได้มากกว่า

4.5.3 การกำจัดไนโตรเจน

การกำจัดไนโตรเจนในบึงประดิษฐ์ เกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชั่น ดีไนตริฟิเคชั่น และการใช้ของพืช (Brix,1987) แต่ส่วนใหญ่การกำจัดไนโตรเจนในระบบบึงประดิษฐ์เกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชั่นและดีไนตริฟิเคชั่น ซึ่งพบว่าที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน ระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกพืช และ ระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมมีประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนสูงสุด

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนสูงสุดของระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมและระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้งที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็น อินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียของระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้งสูงกว่าร้อยละ 11.1 8.42 และ12.2 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษี ระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง และระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน ระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมมีประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นต่ำสุดเท่ากับร้อยละ17.4 ระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับร้อยละ 53.7 ส่วนระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้งมีประสิทธิภาพร้อยละ 28.5 พบว่าระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีมีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากการกำจัดไนโตรเจนของระบบต้องเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชั่น ซึ่งต้องใช้ออกซิเจนในการทำปฏิกิริยา ดังนั้นปฏิกิริยาจึงถูกจำกัดโดยปริมาณออกซิเจนที่ถ่ายเทเข้าสู่ระบบทาง ราก และ เนื่องระบบรากต้นก้ามกุ้งนำออกซิเจนเข้าสู่ระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง น้ำเสียที่สัมผัสออกซิเจนบริเวณรากต้นพืชทำให้แอมโมเนียเปลี่ยนเป็นไนไตรท์และไนเตรทโดยปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นมากขึ้น และกลายเป็นไนโตรเจนในรูปก๊าซโดยปฏิกริยาดีไนตริฟิคชันมากกว่าชุดควบคุม ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนของบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้งจึงดีกว่า (Kadlec&Knight, 1991) ดังนั้นปริมาณออกซิเจนซึ่งแพร่จากรากของต้น

ธูปฤาษีจึงมีมากจึงทำให้ปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นบริเวณรอบรากต้นธูปฤาษี เกิดขึ้นได้ดีกว่าที่เกิดในระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้งซึ่งระบบรากกระจุกตัว เมื่อขณะเดียวกันในบริเวณที่ไม่มีออกซิเจนไนเตรทที่เกิดจากปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นจะถูกกำจัดออกจากระบบ เมื่อปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นสูงปริมาณแอมโมเนียที่เปลี่ยนเป็นไนเตรทจึงสูง เมื่อมีไนเตรทปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นจะเกิดได้สูง ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนที่ถูกกำจัดออกจากระบบจึงสูงด้วย (ธาริณี ,2003)

4.5.4 การกำจัดของแข็งแขวนลอย

การกำจัดของแข็งแขวนลอยในบึงประดิษฐ์เกิดจากการกรองและการดูดติดผิว ระบบบึงประดิษฐ์มีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยสูง แม้ในระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมซึ่งไม่ปลูกพืช

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยสูงสุดระหว่างระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม ระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง และระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษี พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยของระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีสูงสุด โดยมีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม ร้อยละ 18.97 และสูงกว่าระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้งร้อยละ 9.74 เนื่องจากระบบรากของต้นธูปฤาษีมีการกระจายตัวดี และเป็นระบบรากฝอยทำให้น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีมีความเร็วลดลงมากกว่าบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษี จึงดีกว่าบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้งและชุดควบคุม ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยของระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีดีกว่าประสิทธิภาพของบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมและบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้ง

4.5.6 ฟอสฟอรัส

การกำจัดฟอสฟอรัสในบึงประดิษฐ์เกิด การดูดติดผิวตัวกลางและด้วยกระบวนการทางชีวภาพ ฟอสฟอรัสดูเปลี่ยนเป็นรูปไฮโดรเจนฟอสเฟตที่พืชสามารถใช้ได้ ด้วยกระบวนการนี้บึงประดิษฐ์จึงสามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้(Kadlec &Knight,1991) แต่เนื่องจากตัวกลางในระบบเป็นกรวด ดังนั้นการจับติดผิวจึงมีน้อย ดังกราฟจะเห็นว่าประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสต่ำ ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน ซึ่งกำจัดได้สูงสุด ระบบบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม กำจัดได้ร้อยละ 16.23 ระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นก้ามกุ้งกำจัดได้ร้อยละ 20.8 และบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีกำจัดได้ร้อยละ 26.5 พบว่าที่ภาระปริมาณน้ำเท่ากัน ธูปฤาษีกำจัดฟอสฟอรัสได้สูงสุด เนื่องน้ำเสียไหลช้าลงทำให้ฟอสเฟตที่ถูกดูดรับที่ผิวของแข็งแขวนลอยตกตะกอนได้มากขึ้นดังนั้นบึงประดิษฐ์ที่ปลูกต้นธูปฤาษีจึงกำจัดฟอสฟอรัสได้ดีกว่า

4.5.7 โคลิฟอร์มทั้งหมด

การกำจัดโคลิฟอร์มทั้งหมดในบึงประดิษฐ์เกิดจากการตายตามธรรมชาติ ถูกกินโดยจุลชีพอื่นในระบบ เคมีของน้ำที่ไม่เหมาะสม และการตกตะกอน (Kadlec & Knight,1991) เมื่อระยะเวลาที่น้ำเสียอยู่ในระบบมากพอโคลิฟอร์มทั้งหมดจะตายไปตามธรรมชาติ ดังนั้นกระบวนการดังกล่าวจึงถูกควบคุมโดยระยะเวลาที่น้ำอยู่ในระบบ และพบว่าระบบบึงประดิษฐ์ที่ปลูกพืชและไม่ปลูกพืชมีประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟอร์มทั้งหมดใกล้เคียงกันที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน เนื่องจากปฏิกิริยาภายในตัวกลางไม่เกี่ยวกับพืช

วิธีกำจัดแบคทีเรียที่ใช้ในปัจจุบันได้แก่ การตกตะกอนด้วยสารเคมี (กำจัดได้ร้อยละ 40-80) ถังโปรยกรอง (กำจัดได้ร้อยละ 90-95) ระบบตะกอนเร่ง (กำจัดได้ร้อยละ 90-98) การใช้คลอรีนในการกำจัดแบคทีเรีย (กำจัดได้ ร้อยละ 98-99) (Metcalf และ Eddy, 1991) ซึ่งเป็นวิธีที่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและพลังงาน หากระบบบึงประดิษฐ์(Constructed wetland) สามารถใช้ได้ดีในการกำจัดโคลิฟอร์มแบคทีเรีย วิธีนี้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการกำจัดกว่าวิธีเดิม

พบว่าโดยรวมแล้วประสิทธิภาพการกำจัดน้ำเสียของบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมและบึงประดิษฐ์ที่ปลูกก้ามกุ้งมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าต้นก้ามกุ้งเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดน้ำเสียได้น้อย ส่วนในแปลงปลูกธูปฤาษีนี้มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสูงกว่าทั้งบึงประดิษฐ์ชุดควบคุมและบึงประดิษฐ์ที่ปลูกก้ามกุ้ง โดยเฉพาะการกำจัดไนโตรเจนและของแข็งแขวนลอยพบว่าระบบบำบัดน้ำเสียบึงประดิษฐ์ไหลใต้ผิวดินในแนวนอนซึ่งปลูกธูปฤาษีในตัวกลางกรวดขนาด 5-10 มม. น้ำลึก 0.35 เมตร ที่ ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 5 วัน สามารถใช้บำบัดขั้นที่ 3 สำหรับน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ น้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดดังกล่าวซึ่งใช้น้ำเสียจริง มีคุณภาพน้ำทิ้งดีกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

4.5.8 การใช้บึงประดิษฐ์ในการกำจัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์

น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ที่นำมาใช้ในงานวิจัยมีปริมาณสารอินทรีย์ สารประกอบไนโตรเจน และโคลิฟอร์มทั้งหมดปนเปื้อนอยู่มาก แม้ว่าน้ำเสียจะผ่านการบำบัดโดยบ่อหมักไร้อากาศแล้วปริมาณสารอินทรีย์ สารประกอบไนโตรเจน และโคลิฟอร์มทั้งหมดก็ยังมีปริมาณสูงเกินมาตรฐานกรมโรงงานอุตสาหกรรมอยู่มาก

จากผลการทดลองพบว่าบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินที่ปลูกต้นธูปฤาษีมีประสิทธิ-ภาพการกำจัดสูงในเกือบทุกตัวแปร ดังนั้นเมื่อพิจารณาใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินที่ปลูกต้นธูปฤาษีที่ ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน ตามตารางที่ 4.8 ค่าน้ำทิ้งทุกค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานและใช้ระยะเวลาเก็บกักน้ำน้อยกว่า ระยะเวลาเก็บกักน้ำในบ่อผึ่งและบ่อตกตะกอนที่ใช้ใน

ตารางที่ 4.9เปรียบเทียบน้ำทิ้งจากระบบบึงประดิษฐ์ปลูกต้นธูปฤาษีที่ภาระปริมาณน้ำต่างๆกับค่ามาตรฐานน้ำ

ตัวแปร	ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน		ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน		ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน		มาตรฐานน้ำทิ้ง	มาตรฐานน้ำทิ้ง
	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	กรมโรงงาน	ทางน้ำชลประทาน
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	35.3-26.4	31.2	33.9-26.2	30	38.2-30.4	34.7	ไม่เกิน 40	ไม่เกิน 40
พีเอช	7.6-7.0	7.3	7.56-6.95	7.2	7.32-6.95	7.1	5.5-9.0	6.5-8.5
บีโอดี (มก./ล.)	94.6-41.3	58.4	88.6-25.8	51.9	56.3-10.3	26.5	60	20
ซีโอดี (มก./ล.)	311.2-173.5	213.5	342.86-122.4	162.3	342.9-30.9	115.3	120	-
อินทรีย์ไนโตรเจน (มก./ล.)	74.6-34.5	52	66.25-16.31	29.4	75.9-20.1	39.7	-	-
แอมโมเนียไนโตรเจน (มก./ล.)	187.7-97.6	130.58	38.22-24.13	30.15	114.1-52.9	83.7	-	-
ทีเคเอ็น (มก./ล.)	262.3-112.1	182.6	287-22.3	189.7	179.8-74.2	123.4	200	-
ฟอสฟอรัส (มก./ล.)	323.5-36	217.7	300.3-29.6	176.8	256.4-12.7	137.8	-	-
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	90-38	54	86-18	33.1	68-9	21.3	50	30
โคลิฟอร์ม (เอ็ม.พี.เอ็น./100 มล.)	$6.7x10^4$-$1.1x10^4$	$2.6x10^4$	1000-700	800	900-600	760	-	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบน้ำทิ้งจากระบบบึงประดิษฐ์ปลูกต้นธูปฤาษี ปลูกต้นก้ามกุ้ง และชุดควบคุม ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วันกับค่ามาตรฐานน้ำ

ตัวแปร	ปลูกต้นธูปฤาษี		ปลูกต้นก้ามกุ้ง		ชุดควบคุม		มาตรฐานน้ำทิ้ง	มาตรฐานน้ำทิ้ง
	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	เฉลี่ย	กรมโรงงาน	ทางน้ำชลประทาน
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	38.2-30.4	34.7	38.2-30.4	34.8	33.5-27	29.6	ไม่เกิน 40	ไม่เกิน 40
พีเอช	7.32-6.95	7.1	7.32-6.95	7.2	7.5-7.06	7.2	5.5-9.0	6.5-8.5
บีโอดี (มก./ล.)	56.3-10.3	26.5	56.3-10.3	52.1	117-73.8	93.3	60	20
ซีโอดี (มก./ล.)	160.0-30.9	95.6.3	160.9-30.9	89.3	309.5-208.5	254.1	120	-
อินทรีย์ไนโตรเจน (มก./ล.)	75.9-20.1	39.7	75.9-20.1	65.3	95.5-51.2	77.2	-	-
แอมโมเนียไนโตรเจน (มก./ล.)	114.1-52.9	83.7	114.1-52.9	114.1	170.4-95.6	131	-	-
ทีเคเอ็น (มก./ล.)	179.8-74.2	123.4	179.8-74.2	179.4	261.2-158.3	208.2	200	-
ฟอสฟอรัส (มก./ล.)	256.4-12.7	137.8	256.4-12.7	148.9	304.5-26	193.4	-	-
ของแข็งแขวนลอย (มก./ล.)	68-9	21.3	68-9	36.4	115-45	68.5	50	30
โคลิฟอร์ม (เอ็ม.พี.เอ็น./100 มล.)	900-600	760	900-600	760	$5.4x10^5$-$4.4x10^5$	$4.78x10^5$	-	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัจจุบัน (7-14 วัน) ในการออกแบบเพื่อใช้งานจริงไม่จำเป็นต้องบำบัดให้ได้ค่าการปนเปื้อนต่ำสุด ดังนั้นการออกแบบโดยใช้เกณฑ์การออกแบบเพื่อให้ได้คุณสมบัติน้ำทิ้งตามมาตรฐานจึงเพียงพอแล้ว

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ สารประกอบไนโตรเจน และของแข็งแขวนลอยของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินที่ปลูกต้นธูปฤาษีมีค่าสูงและสามารถกำจัดโคลิฟอร์มทั้งหมดได้ดีมาก ดังนั้นการเพิ่มระบบบำบัดแบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินจึงเป็นทางเลือกที่ดีทางเลือกหนึ่งในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือสามารถนำกลับมาใช้ในการรดน้ำต้นไม้ หรือใช้เป็นน้ำล้างถนนภายนอกอาคาร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน แปลงทดลองที่ปลูกต้นธูปฤาษี มีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสูงสุดคือ มีประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีเท่ากับร้อยละ 80.97 มีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีเท่ากับร้อยละ 79.61 มีประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็นร้อยละ 53.71 มีประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยร้อยละ 91.91 มีประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสร้อยละ 20.63 และมีประสิทธิ-ภาพการบำบัดโคลิฟอร์มแบคทีเรียร้อยละ 99.97

2. แปลงทดลองที่ปลูกต้นก้ามกุ้งมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี, บีโอดี, ฟอสฟอรัส, ทีเคเอ็น และของแข็งแขวนลอยใกล้เคียงกับบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม โดยที่ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน ปีนค่าที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดของทุกชุดการทดลอง แปลงทดลองที่ปลูกต้นก้ามกุ้งมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี บีโอดี ฟอสฟอรัส ทีเคเอ็น ของแข็งแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรียเท่ากับร้อยละ 67.45 71.21 20.88 28.5 82.17 และ99.97 ตามลำดับ ส่วนแปลงควบคุม(ไม่ปลูกพืช)มีประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี บีโอดี ฟอสฟอรัส ทีเคเอ็น ของแข็งแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรียเท่ากับร้อยละ 60.92 68.1 12.7 17.4 72.94 และ99.95 ตามลำดับ

4. ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน แปลงทดลองที่ปลูกต้นธูปฤาษีมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี, บีโอดี, ทีเคเอ็น และของแข็งแขวนลอย ดีกว่าแปลงทดลองที่ปลูกต้นก้ามกุ้งร้อยละ 13.5 8.4 25.21 และ 9.74 ส่วนฟอสฟอรัส และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย มีค่าใกล้เคียงกันมาก

5. ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน แปลงทดลองที่ปลูกต้นธูปฤาษีมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี, บีโอดี, ฟอสฟอรัส, ทีเคเอ็น ของแข็งแขวนลอย และโคลิฟอร์มแบคทีเรียดีกว่าแปลงทดลองชุดควบคุมร้อยละ 20.05 10.8 7.93 36.31 และ18.97 ส่วนโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีค่าใกล้เคียงกันมาก

6. ในแปลงทดลองที่ปลูกพืชชนิดเดียวกัน ประสิทธิภาพการบำบัดจะแปรผันตามภาวะปริมาณน้ำ โดยที่ภาระน้ำน้อยมีประสิทธิภาพในการบำบัดดีกว่าที่ภาระน้ำมากในทุกตัวแปร

7. แปลงทดลองที่ภาระปริมาณน้ำเท่ากัน แปลงทดลองที่ปลูกต้นก้ามกุ้งมีประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรียใกล้เคียงกับแปลงทดลองที่ปลูกต้นธูปฤาษี แต่ดีกว่าแปลงควบคุมที่ไม่ปลูกพืชเล็กน้อย ส่วนมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี บีโอดี ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในแปลงที่ปลูกพืชสูงกว่าแปลงควบคุมที่ไม่ปลูกพืช

8. บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอนที่ปลูกต้นธูปฤาษีโดยใช้ตัวกลางกรวดขนาด 3-10 มม. ความลึก 40 มม. ที่ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน สามารถใช้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 3 สำหรับน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์ได้ เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการบำบัดให้น้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์มีคุณภาพน้ำตามที่กฎหมายกำหนดไว้ได้ , เป็นระบบประหยัดพลังงาน และค่าดำเนินการ ไม่ได้ใช้เทคโนโลยีสูงมาก

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้ทำความลึก 40 ซม. (ความลึกน้ำ 35 ซม.) เพียงค่าเดียว หากมีการเปลี่ยนแปลงความลึกน้ำ เพื่อนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ หากสามารถเพิ่มความลึกได้จะทำให้พื้นน้ำที่ระบบบำบัดลดลงได้ เป็นการประหยัดต้นทุนที่ดินได้

2. งานวิจัยทำการทดลองบำบัดน้ำเสียจากบ่อบำบัดขั้นที่ 2 และต้นธูปฤาษียังมีการเจริญเติบโตได้ดี จึงควรทำการทดลองโดยใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินบำบัดน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่ 1 หากระบบมีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียได้ดี จนน้ำทิ้งมีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงาน จะมีผลทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงฆ่าสัตว์เปลี่ยนแปลงรูปแบบไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กลอยกาญจน์ เก่าเนตรสุวรรณ . 2544 . การบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2544 . การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ .กรุงเทพมหานคร. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

ธาริณี วัฒนเดชาชาญ .2546 . การกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟโดยใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน . วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิรัฐพล ตนานนท์ . 2544 . การบำบัดน้ำเสียของโรงกลั่นน้ำมันโดยใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินในแนวนอน. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รัตนา ตรีรัตนาภรณ์ . 2542 . การกำจัดแคดเมียมโดยใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำขังใต้ผิวดิน. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวด-ล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงงานอุตสาหกรรม, กรม. 2539 .คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงฆ่าสัตว์ . กรุงเทพมหานคร.

วรากร เกิดทรัพย์ . 2543 . การใช้บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดินเพื่อการบำบัดขั้นที่ 3 สำหรับน้ำชะขยะมูลฝอย. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรม สิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอื้อมพร วีสมหมาย และคณะ .2540. พรรณไม้งามในภูมิสถาปัตยกรรม. กรุงเทพมหานคร. อัมรินทร์พรินซ์ติง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาอังกฤษ

Adcock, P.W., Ryan, G.L. and Osborne, P.L. 1995 . Neutrient Partitioning in Clay-Beded Surface Flow Wetlands. Water Science and Technology . 32:203-210

Amstrong,. W. 1964. Oxygen Diffusion from the Roots of Some British Bog Plant. Nature. 204:801-802

Brix H.1987. Treatment of Wastewater in the Rhizosphere of Wetland Plant-the rootzone method. Water Science and Technology. 19:107-118

Brix H.,1993 .Wastewater Treatment in Constructed Wetlands :System Design , Removal Processes and Treatment Performances. In G.A.Moshiri (ed.1993) , Constructed Wetlands for Water Quality Improvement. Michigan: Lewis Publisher.

Coleman, J., Hench , K., Garbutt, K., Sexstone , A.Bisson, G. and Skusen , J.2001. Treatment Of Domestic Wastewater by Three Plant Species in Constructed Wetlands. Water, Air and Soil Pollution Control. 128(3-4):285-295

Graudy, H. and Moore. 1969. Surplus Phosphorus Uptake by Microorganism-algae, Tax: Department of Civil Engineering Research University of Taxas.Austin.

Green , M.B., Griffin, P.. Seabridge, J.K., and Dhobic, D.1997. Removal of Bacteria in Subsurface Flow Wetlands. Water Science and Technology. 35(5):109-116

Hammer , D.A. and Bastian,R.K. .1989. Wetlands Ecosystem. Natural Purifier in Hammer,D.A., Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. Lewis Publishers, Inc.,Chelsea ,MI

Haung J., Reneau R.B. Jr., Hargedorn C .2000. Nitrogen Removal in Constructed Wetlands Employed to Treat Domestic Wastewater. Water Research. 34(9):2582-2588

Kedlec, R.H. and Kinght ,R.L. 1996. Treatment Wetlands. United State of America: CRC Press.

Kickuth, R. 1977. Degradation and Incorporation of Nutrient form Rural Wastewaters by Plant Rhizosphere Under Liminic Conditions. Cited in Utilization of Manure by Land Spreading, Comm. Of Europe. Communities, EUR5672e, LONDON.

Limsuwan, S.1997. Operational Citeria for Septage Dewatering in Constructed Wetlands,EV-97-45, Asian Institute of Technology , Bangkok.

Metcraf and Eddy. 1991. Wastewater Engineering: Treatment Disposal and Reuse, 3rd ed., McGraw-hill, New York.

M.E.Kaseva .2003. Performance of a Sub-surface Flow Constructed Wetland Inpolishing Pre-treated Wastewater-A Tropical Case Study. Water Research. 38(2004):681-687

Kausch P., A.W., and Kappelmeyer ,U.2003. Annual Cycle of Nitrogen Removal by Pilot-scale Subsurface Horizontal Flow in Constructed Wetland Under Moderate Climate. Water Research. 37(2003):4236 - 4242

Polprasert, C., Dan, N.P. and Thayakumaran, N.1996. Application of Constructed Wetlands to Treat Some Toxic Wastewater Under Tropical Condition, Water Science and Technology.34: 165-171

Phanuwan, C.1999. Plug Flow Model for Organic Removal in Constructed Wetlands, EV-99-24 , Asian Institute of Technology, Bangkok.

Piniskul, S .1997. Nitrogen Removal in Constructed Wetlands Beds Treating Septage, EV-97-2, Asian Institute of Technology, Bangkok.

Karim , P., D.,M., and Gerba, P.2003. The Persistence and Removal of Enteric Pathogen in Construced Wetland. Water Research. 38(2004):1831-1837

Reed , S. C., Middlebrooks, E.J., and Criles , R.W. 1988 . Natural System for Management and Treatment. New York: McGraw-Hill.

Roger ,and Fiona ,E.J. 1985. Wetlands for Wastewaters With Special Reference to Municipal Wastewaters. Witwatersrand University Press. Johannesburg.

Shepherd , H.L. Grismer, M.E. and Tchobanaglous, G. 2001. Treated of High-Strength Winery Waster Using Subsurface-flow Constructed Wetlands. Water Environmental research, 73(4): 394-403.

Shepherd , H.L. Grismer, M.E. and Tchobanaglous, G. 2001 Time Dependent Retardation Model For Chemical Oxygen Demand Removal in Subsurface-flow Constructed Wetlands For Winery Wastewater Treatment. Water Environmental Research, 73(5): 597-606

Tanyarat , L. 1994. Tertiary Treatment of Pond Effuent with Constructed Wetlands. EV-94-15, Asian Institute of Technology. Bangkok.

U.S. Environmental Protection Agency .1988. Design Manual Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment. EPA/625/1-88/022

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

1. ธูปฤาษี (หรือ กกช้าง) (Typha ,sp)

มีแพร่กระจายไปเกือบทั่งโลก ขึ้นตามหนองน้ำตื้น ๆ ริมบ่อ สระและแหล่งน้ำทั่วไป เป็นพืชที่แข็งแรงและทนทานมาก จัดว่าเป็น**Monoecious Plant** ที่มีอายุข้ามปี ลำต้นใต้ดินแบบ **Rhizome** ที่แตกกิ่งก้านสาขา ลำต้นประกอบด้วยใบแตกออกเป็นแผงสองแนวทางด้านข้างใบเดี่ยว แผ่นใบแบนเรียวยาว โคนใบแผ่เป็นกาบอวบหนาหุ้มประกบกันไว้ ขอบใบหนาโคนใบอวบหนากว่าปลายใบ แผ่นใบสีเขียวเข้มดอกออกเป็นช่อแบบ Spike แน่น ๆ รูปทรงกระบอกหรือ **Spadix** ที่อยู่ปลายก้านช่อ แต่ไม่มี **Spathe** รองรับ ก้านช่อดอกยาวเรียวแข็ง และมักชูช่อดอกสูงเกือบเท่าใบ ช่อดอกมองดูเหมือนเป็นธูปใหญ่ๆ ดอกย่อยแยกเพศ ดอกตัวผู้อยู่ตอนบน ส่วนดอกตัวเมียอยู่ตอนล่าง ดอกตัวผู้เมื่อแก่มักจะร่วงหลุดไปเหลือแต่ก้าน ดอกตัวเมียเมื่อกลายเป็นผลอัดอยู่ตอนล่าง มีสีน้ำตาลจับดูจะรู้สึกนุ่ม ดอกตัวผู้ประกอบด้วยกลีบรวมที่เปลี่ยนรูปไปเป็นขนบางๆซึ่งมีลักษณะเรียวยาวไปจนปลายขนแผ่แบนเล็กน้อยที่เรียกว่า **Spathulate** เกสรตัวผู้มีจำนวน 2 - 5 อัน ก้านชูอับเรณูแยกหรือติดกัน ประกอบด้วยอับเรณู 2 ช่อง ดอกตัวเมียประกอบด้วยกลีบรวมลักษณะเป็นขนเรียวยาวจำนวนมาก รังไข่รูปกระสวยที่มี 1 ช่อง และมีไข่อ่อนแค่ 1 ใบ ยอดเกสรตัวเมียมีก้านชูตรงปลายแผ่แบน มีดอกตัวเมียที่เป็นหมันแทรกอยู่ด้วยสังเกตได้โดยพบว่ามีรังไข่ที่ไม่สมบูรณ์คือ พองใหญ่เป็นรูป **Clubshaped** เรียกว่า **Carpodium** แต่ไม่มียอดเกสรตัวเมีย ผลขนาดเล็กเปลือกแข็งมีเมล็ดเพียง 1 เมล็ด และเมื่อแก่จะปลิวไปได้ไกลๆ เพราะมีขนเป็นจำนวนมาก

2. ก้ามกุ้งช่อตั้ง (Heliconia Bihai L.,Lobster Claw)

ก้ามกุ้งเป็นไม้ล้มลุก มีเหง้าใต้ดิน ส่วนที่อยู่ใต้ดินคล้ายต้นกล้วย ขึ้นเป็นกอตั้งตรง ลำต้นเป็นลำต้นเทียม เกิดจากการห่อหุ้มของก้านใบ สูงประมาณ 1-3 เมตร ใบเดี่ยวเรียงเวียนสลับ ใบคล้ายใบกล้วย กว้าง 20-30 เซนติเมตร ยาวประมาณ 80 เซนติเมตร ปลายแหลมดิ่งโคนไม่เท่ากัน ขอบเรียบหรือเป็นคลื่นเล็กน้อย เส้นกลางใบหนาด้านล่างใบมีสีแดงจางๆจากโคนถึงกลางใบเส้นแขนงใบขนานกันตามขวาง ก้านใบยาว ช่อดอกเป็นแบบท่อแยกแขนงออกที่ยอดตั้งขึ้น กลุ่มช่อดอกย่อยเรียงสลับระนาบเดียวมีใบประดับรูปท้องเรือ 7-12 อัน แผ่ออกยาว 15-25 เซนติเมตร ขอบขริบสีเขียวและมีเส้นสีเหลืองบางๆ พาดอยู่ ใบระดับล่างสุดไม่มีดอกอยู่ภายใน ก้านช่อดอกสีแดง ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศอยู่ภายในใบประดับ กลีบดอกสีเขียวติดกันเป็นหลอดยาว ประมาณ 6 เซนติเมตร มีเส้นสีขาวหรือสีเหลืองพาดตามยาวเกสรตัวผู้ 6 อัน เกสรเพศเมีย 5 อัน ไม่สมบูรณ์ 1 อัน รังไข่อยู่ใต้วงกลีบก้ามกุ้งมีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ตอนเหนือนำมาปลูกเป็นไม้ประดับในประเทศไทย และประเทศในเขตร้อนทั่วโลก

ภาคผนวก ข

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

รายละเอียดผลการทดลอง

4.1 การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของบึงประดิษฐ์ชุดควบคุม

ตาราง ที ข.1 อุณหภูมิ pH และการระเหยของน้ำในชุดควบคุม(ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน)

วันที่ทดลอง	วันที่	อุณหภูมิอากาศ	อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)				pH				การระเหย
		(องศาเซลเซียส)	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	(ล./วัน)
200	17 ต.ค. 2546	35.1	33.2				7.69				2
202	19 ต.ค. 2546	37.3	34.8	32.4			7.88	7.49			-
203	20 ต.ค. 2546								7.46		
204	21 ต.ค. 2546			-	32.3			-			
205	22 ต.ค. 2546	34.8	32.2			32.1	7.49		-	7.32	-
207	24 ต.ค. 2546	36.3	33.1	-		33.4	7.6	-		7.28	-
209	26 ต.ค. 2546	35.2	31.7	-	-		7.45	-			2
210	27 ต.ค. 2546					30.7			-	7.15	
212	29 ต.ค. 2546	35.4	31.9			31.3	7.2		-	7.14	-
214	31 ต.ค. 2546	36.6	33.1	-		30.0	7.26	-		7.13	-
216	2 พ.ย. 2546	35.6	32.6	31.7	-		7.48	7.3			3
217	3 พ.ย. 2546					30.1			7.12	7.05	
218	4 พ.ย. 2546			-	31.4			-			
219	5 พ.ย. 2546	32.1	28.8			31.2	7.5		-	7.1	-
221	7 พ.ย. 2546	34.1	29.6	-		30.9	7.54	-		7.08	-
223	9 พ.ย. 2546	33.6	30.4	-	-		7.86	-			2
224	10 พ.ย. 2546					27.1			-	7.15	
226	12 พ.ย. 2546	32.1	29.5			27.5	7.27		-	7.23	-
228	14 พ.ย. 2546	31.9	29.2	-		28.6	7.47	-		7.3	-
230	16 พ.ย. 2546	32.5	30.1	-	-		7.88	-			NA
231	17 พ.ย. 2546					28.0			-	7.05	
232	18 พ.ย. 2546			29.1	-			7.63			
233	19 พ.ย. 2546	31.6	29.9			27.7	7.65		7.34	7.08	-
234	20 พ.ย. 2546				28.9						
235	21 พ.ย. 2546	30.5	28.2	-		28.7	7.76	-		7.35	-
237	23 พ.ย. 2546	32.7	29.6	-	-		8.03	-			NA
238	24 พ.ย. 2546					28.9			-	7.22	
239	25 พ.ย. 2546			28.4	-			7.75			
240	26 พ.ย. 2546					26.9			7.55	7.28	
241	27 พ.ย. 2546				28.1						
242	28 พ.ย. 2546					28.0				7.4	

ตาราง ที่ ข.2 อุณหภูมิ pH และการระเหยของน้ำในชุดควบคุม(ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน)

วันที่ทดลอง	วันที่	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)				pH				การระเหย (ล./วัน)
			น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	
200	17 ต.ค. 2546	35.1	33.2				7.69				2
201	18 ต.ค. 2546			32.8				7.61			
202	19 ต.ค. 2546	37.3	34.8		32.7		7.88		7.56		-
203	20 ต.ค. 2546			-		32.4		-		7.44	
205	22 ต.ค. 2546	34.8	32.2			33.5	7.49			7.34	-
207	24 ต.ค. 2546	36.3	33.1		-		7.6		-		-
208	25 ต.ค. 2546			-		30.8		-		7.11	
209	26 ต.ค. 2546	35.2	31.7		-		7.45		-		2
210	27 ต.ค. 2546			-		31.6		-		7.31	
212	29 ต.ค. 2546	35.4	31.9			30.2	7.2			7.1	-
214	31 ต.ค. 2546	36.6	33.1		-		7.26		-		-
215	1 พ.ย. 2546			32.8		30.3		7.11		7.08	
216	2 พ.ย. 2546	35.6	32.6		32.1		7.48		7.18		3
217	3 พ.ย. 2546			-		31.9		-		7.12	
219	5 พ.ย. 2546	32.1	28.8			31.0	7.5			7.14	-
221	7 พ.ย. 2546	34.1	29.6		-		7.54		-		-
222	8 พ.ย. 2546			-		27.2		-		7.11	
223	9 พ.ย. 2546	33.6	30.4		-		7.86		-		2
224	10 พ.ย. 2546			-		27.9		-		7.1	
226	12 พ.ย. 2546	32.1	29.5			28.8	7.27			7.31	-
228	14 พ.ย. 2546	31.9	29.2		-		7.47		-		-
229	15 พ.ย. 2546			-		27.1		-		7.05	
230	16 พ.ย. 2546	32.5	30.1		-		7.88		-		NA
231	17 พ.ย. 2546			29.5		27.8		7.74		7.14	
232	18 พ.ย. 2546				29.6				7.65		
233	19 พ.ย. 2546	31.6	29.9			29.0	7.65			7.46	-
235	21 พ.ย. 2546	30.5	28.2		-		7.76		-		-
236	22 พ.ย. 2546			-		29.0		-		7.23	
237	23 พ.ย. 2546	32.7	29.6		-		8.03		-		NA
238	24 พ.ย. 2546			29.0		27.0		7.86		7.14	
239	25 พ.ย. 2546				28.6				7.64		
240	26 พ.ย. 2546					28.2				7.5	

ตาราง ที่ ข.3 อุณหภูมิ pH และการระเหยของน้ำในชุดควบคุม(ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน)

วันที่ทดลอง	วันที่	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)				pH				การระเหย (ล./วัน)
			น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	
243	29 พ.ย. 2546	30.4	27.9	27.1	28.5		7.5	7.32	7.2		NA
244	30 พ.ย. 2546					26.7				7.1	
247	3 ธ.ค. 2546	32.1	29.7	-	-		7.75	-	-		-
248	4 ธ.ค. 2546					28.5				7.4	
250	6 ธ.ค. 2546	29.9	27.2	-	-		7.66	-	-		-
251	7 ธ.ค. 2546					25.9				7.13	
254	10 ธ.ค. 2546	28.6	27.3	26.9	26.8		7.56	7.35	7.27		NA
255	11 ธ.ค. 2546					26.7				7.23	
257	13 ธ.ค. 2546	31.6	28.6	-	-		7.27	-	-		-
258	14 ธ.ค. 2546					27.4				7.1	
262	17 ธ.ค. 2546	30.2	27.6	-	-		7.35	-	-		-
261	18 ธ.ค. 2546					26.3				7.06	
264	20 ธ.ค. 2546	30	28.7	28.3	28.2		7.34	7.2	7.11		NA
265	21 ธ.ค. 2546					28.1				7.08	
268	24 ธ.ค. 2546	30.9	28.0	-	-		7.4	-	-		-
269	25 ธ.ค. 2546					26.6				7.12	
271	27 ธ.ค. 2546	30.8	29.1	-	-		7.76	-	-		-
272	28 ธ.ค. 2546					28.3				7.24	
275	31 ธ.ค. 2546	29.5	27.4	26.7	26.6		7.9	7.7	7.65		NA
276	1 ม.ค. 2547					26.4				7.5	
279	3 ม.ค. 2547	28.5	27.1	-	-		7.34	-	-		-
280	4 ม.ค. 2547					26.1				7.11	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.4 การบำบัดซีโอดีและบีโอดีในแปลงควบคุม(ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน)

วันที่	วันที่	ซีโอดี(mg/l)					บีโอดี(mg/l)				
ทดลอง		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
200	17 ต.ค. 2546	349.7					116.9				
202	19 ต.ค. 2546	398.1	298.9				-	101.4			
204	21 ต.ค. 2546		-	281.8				-	80.7		
205	22 ต.ค. 2546	465.7			272.10	22.19	-			66.8	42.86
207	24 ต.ค. 2546	354.9	-		221.30	44.41	-	-		-	-
209	26 ต.ค. 2546	489.6	-	-			-	-	-		
210	27 ต.ค. 2546				248.30	46.68				-	-
212	29 ต.ค. 2546	336.1			150.40	57.62	-			-	-
214	31 ต.ค. 2546	374.6	-		187.10	61.79	125.3	-		-	-
216	2 พ.ย. 2546	309.3	289.5	-			-	78.7	-		
217	3 พ.ย. 2546				122.40	63.58				-	-
218	4 พ.ย. 2546		-	220.9				-	66.5		
219	5 พ.ย. 2546	373.8			141.20	62.31	-			41.8	66.64
221	7 พ.ย. 2546	282.7	-		122.60	60.36	-	-		-	-
223	9 พ.ย. 2546	359.6	-	-			-	-	-		
224	10 พ.ย. 2546				153.90	58.83				-	-
226	12 พ.ย. 2546	412.6			105.40	62.72	-			-	-
228	14 พ.ย. 2546	359.9	-		143.80	60.01	-	-		-	-
230	16 พ.ย. 2546	441	-	-			176.6	-	-		
231	17 พ.ย. 2546				166.50	59.65				-	-
232	18 พ.ย. 2546		292.1	-				124.7	-		
233	19 พ.ย. 2546	367.3			134.20	62.71	-			-	-
234	20 พ.ย. 2546			246.8					101.2		
235	21 พ.ย. 2546	254.7	-		167.60	62.00	-	-		56.1	68.23
237	23 พ.ย. 2546	413.2	-	-			144.2	-	-		
238	24 พ.ย. 2546				142.00	61.34				-	-
239	25 พ.ย. 2546		302.9	-				103.4	-		
240	26 พ.ย. 2546				101.80	60.03				-	-
241	27 พ.ย. 2546			224.5					68.9		
242	28 พ.ย. 2546				165.70	59.90				44.1	69.42

ตารางที่ ข.5การบำบัดซีโอดีและบีโอดีในแปลงควบคุม(ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน)

วันที่ทดลอง	วันที่	ซีโอดี(mg/l)					บีโอดี(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
200	17 ต.ค. 2546	349.7					116.9				
201	18 ต.ค. 2546		301.2					105.1			
202	19 ต.ค. 2546	398.1		288.7			-		92.2		
203	20 ต.ค. 2546		-		283.00	19.07		-		78.6	32.76
205	22 ต.ค. 2546	465.7			243.40	38.86	-			-	-
207	24 ต.ค. 2546	354.9		-			-		-		
208	25 ต.ค. 2546		-		264.10	43.29		-		-	-
209	26 ต.ค. 2546	489.6		-			-		-		
210	27 ต.ค. 2546		-		169.40	52.27		-		-	-
212	29 ต.ค. 2546	336.1			242.10	50.55	-			-	-
214	31 ต.ค. 2546	374.6		-			125.3		-		
215	1 พ.ย. 2546		289.5		159.80	52.45		88.1		-	-
216	2 พ.ย. 2546	309.3		220.9			-		70.2		
217	3 พ.ย. 2546		-		182.10	51.39		-		50.6	59.62
219	5 พ.ย. 2546	373.8			144.60	53.25	-			-	-
221	7 พ.ย. 2546	282.7		-			-		-		
222	8 พ.ย. 2546		-		181.90	51.34		-		-	-
223	9 พ.ย. 2546	359.6		-			-		-		
224	10 พ.ย. 2546		-		127.40	54.93		-		-	-
226	12 พ.ย. 2546	412.6			175.30	51.25	-			-	-
228	14 พ.ย. 2546	359.9		-			-		-		
229	15 พ.ย. 2546		-		202.20	50.99		-		-	-
230	16 พ.ย. 2546	441		-			176.6		-		
231	17 พ.ย. 2546		292.1		174.80	51.43		132.1		-	-
232	18 พ.ย. 2546			246.8					108.3		
233	19 พ.ย. 2546	367.3			212.70	51.77	-			70.4	60.14
235	21 พ.ย. 2546	254.7		-			-		-		
236	22 พ.ย. 2546		-		173.30	52.82		-		-	-
237	23 พ.ย. 2546	413.2		-			144.2		-		
238	24 พ.ย. 2546		302.9		118.00	53.67		110.5		-	-
239	25 พ.ย. 2546			224.5					78.1		
240	26 พ.ย. 2546				200.00	51.60				55.8	61.30

ตารางที่ ข.6 การบำบัดซีโอดีและบีโอดีในแปลงควบคุม(ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน)

วันที่	วันที่	ซีโอดี(mg/l)					บีโอดี(mg/l)				
ทดลอง		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
243	29 พ.ย. 2546	402.3	351.8	326.8			181.3	152.5	136.4		
244	30 พ.ย. 2546	-	-	-	309.5	23.07	-	-	-	117	35.36
247	3 ธ.ค. 2546	378.6	-	-			-	-	-		
248	4 ธ.ค. 2546				276.1	27.07				-	-
250	6 ธ.ค. 2546	313.6	-	-			-	-	-		
251	7 ธ.ค. 2546				220.7	29.62				-	-
254	10 ธ.ค. 2546	431.7	368.8	334.2			164.3	137.9	121.9		
255	11 ธ.ค. 2546				308.2	28.61				103	37.49
257	13 ธ.ค. 2546	354.1	-	-			-	-	-		
258	14 ธ.ค. 2546				249.3	29.60				-	-
261	17 ธ.ค. 2546	298.3	-	-			-	-	-		
262	18 ธ.ค. 2546				208.5	30.10				-	-
264	20 ธ.ค. 2546	344.1	285.4	264.8			120.1	97.5	85.2		
265	21 ธ.ค. 2546				243.7	29.18				73.8	38.55
268	24 ธ.ค. 2546	388	-	-			-	-	-		
269	25 ธ.ค. 2546				276.5	28.74				-	-
271	27 ธ.ค. 2546	316.8	-	-			-	-	-		
272	28 ธ.ค. 2546				223.1	29.58				-	-
275	31 ธ.ค. 2546	367.8	301	281.2			132.1	103.5	92.9		
276	1 ม.ค. 2547				263	28.49				79.3	39.97
279	3 ม.ค. 2547	305.7	-	-			-	-	-		
280	4 ม.ค. 2547				216.3	29.24				-	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.7 ไนโตรเจนของน้ำในแปลงควบคุม(ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน)

วันที่ทดลอง	วันที่	ออร์แกนิก-ไนโตรเจน(mg/l)					แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/l)					ไนไตรท์(mg/l)		ไนเตรท(mg/l)		ทีเคเอ็น(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
200	17 ต.ค. 2546	88.9					107.1					0.055		0.075		196.00				
202	19 ต.ค. 2546	56.8	86.7				81.5	102				-		-		138.30	188.5			
204	21 ต.ค. 2546		-	84.7				-	98.5								-	183.2		
205	22 ต.ค. 2546	76.8			80.9	9.00	133.2			96.9	9.524	-	0.08	-	0.014	210.00			177.8	9.29
207	24 ต.ค. 2546	103.6	-		49.8	12.32	146.9	-		72.7	10.8	-	-	-	-	250.50	-		122.5	11.4
209	26 ต.ค. 2546	84.3	-	-			138.2	-	-			-		-		222.50	-	-		
210	27 ต.ค. 2546				62.8	18.23				118.2	11.26		-		-				181.0	13.8
212	29 ต.ค. 2546	65.9			86.5	16.51	122.5			121.3	17.43	-	-	-	-	188.40			207.8	17
214	31 ต.ค. 2546	91.4	-		68.9	18.27	137.1	-		115.3	16.57	0.033	-	0.115	-	228.50	-		184.2	17.2
216	2 พ.ย. 2546	62.2	83.5	-			109.7	129	-			-		-		171.90	212.2	-		
217	3 พ.ย. 2546				53.2	19.27				103.6	15.43		-		-				156.8	16.8
218	4 พ.ย. 2546		-	81.1				-	122								-	203.2		
219	5 พ.ย. 2546	87.1			75.4	17.51	147.8			115.2	15.97	-	0.045	-	0.02	234.90			190.6	16.6
221	7 พ.ย. 2546	168.2	-		49.9	19.77	201.3	-		90.2	17.78	-	-	-	-	369.50	-		140.1	18.5
223	9 พ.ย. 2546	92.3	-	-			167.8	-	-			-		-		260.10	-	-		
224	10 พ.ย. 2546				71.4	18.03				120.7	18.34		-		-				192.1	18.2
226	12 พ.ย. 2546	93.2			140.9	16.23	176.3			169.5	15.8	-	-	-	-	269.50			310.4	16
228	14 พ.ย. 2546	56.8	-		75.4	18.31	102.5	-		139.8	16.69	-	-	-	-	159.30	-		215.2	17.3

ตารางที่ ข.7 ไนโตรเจนของน้ำในแปลงควบคุม(ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน) -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	ออร์แกนิก-ไนโตรเจน(mg/l)					แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/l)					ไนไตรท์(mg/l)		ไนเตรท(mg/l)		ทีเคเอ็น(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
230	16 พ.ย. 2546	107.4	-	-			160	-	-			0.056		0.095		267.40	-	-		
231	17 พ.ย. 2546				77.1	17.27				144.1	18.26		-		-				221.2	17.9
232	18 พ.ย. 2546		102.4	-				152	-								254.1	-		
233	19 พ.ย. 2546	81.2			45.9	19.19	143.2			84.37	17.69	-	-	-	-	224.40			130.3	18.2
234	20 พ.ย. 2546			98.8					148									247.1		
235	21 พ.ย. 2546	65.7	-		89.8	16.39	113.2	-		131.2	18	-	0.112	-	0.1	178.90	-		221.0	17.4
237	23 พ.ย. 2546	71.4	-	-			123.8	-	-			0.04		0.09		195.20	-	-		
238	24 พ.ย. 2546				67.4	17.00				119.8	16.34		-		-				187.2	16.6
239	25 พ.ย. 2546		62.4	-				105	-								167.5	-		
240	26 พ.ย. 2546				53.7	18.26				93.9	17.05		-		-				147.6	17.5
241	27 พ.ย. 2546			60.1					102									162.1		
242	28 พ.ย. 2546				58.8	17.65				100.9	18.5		0.06		0.028				159.7	18.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.8 ไนโตรเจนของน้ำในแปลงควบคุม(ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน)

วันที่ทดลอง	วันที่	ออร์แกนิก-ไนโตรเจน(mg/l)					แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/l)					ไนไตรท์(mg/l)		ไนเตรท(mg/l)		ทีเคเอ็น(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
200	17 ต.ค. 2546	88.9					107.1					0.055		0.075		196.00				
201	18 ต.ค. 2546		86.7					103									189.3			
202	19 ต.ค. 2546	56.8		83.6			81.5		99.5			-		-		138.30		183.1		
203	20 ต.ค. 2546		-		80.9	9.00		-		98.1	8.403		0.08		0.014		-		179.0	8.67
205	22 ต.ค. 2546	76.8			50.1	11.80	133.2			74.5	8.589	-	-	-	-	210.00			124.6	9.91
207	24 ต.ค. 2546	103.6		-			146.9		-			-		-		250.50		-		
208	25 ต.ค. 2546		-		64.9	15.49		-		120.1	9.835		-		-		-		185.0	11.9
209	26 ต.ค. 2546	84.3		-			138.2		-			-		-		222.50		-		
210	27 ต.ค. 2546		-		86.9	16.12		-		130.8	10.96		-		-		-		217.7	13.1
212	29 ต.ค. 2546	65.9			71.2	15.54	122.5			121.7	11.94	-	-	-	-	188.40			192.9	13.3
214	31 ต.ค. 2546	91.4		-			137.1		-			0.033		0.115		228.50		-		
215	1 พ.ย. 2546		85.3		57.2	13.20		131		109.5	10.61		-		-		216.7		166.7	11.5
216	2 พ.ย. 2546	62.2		82.2			109.7		126			-		-		171.90		208.6		
217	3 พ.ย. 2546		-		77.0	15.75		-		121.2	11.6		0.045		0.02		-		198.2	13.3
219	5 พ.ย. 2546	87.1			52.2	16.08	147.8			95.4	13.04	-	-	-	-	234.90			147.6	14.1
221	7 พ.ย. 2546	168.2		-			201.3		-			-		-		369.50		-		
222	8 พ.ย. 2546		-		73.5	15.61		-		130.1	11.98		-		-		-		203.6	13.3
223	9 พ.ย. 2546	92.3		-			167.8		-			-		-		260.10		-		
224	10 พ.ย. 2546		-		145.4	13.56		-		178.5	11.33		-		-		-		323.9	12.3

ตารางที่ ข.8 ไนโตรเจนของน้ำในแปลงควบคุม(ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน) -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	ออร์แกนิก-ไนโตรเจน(mg/l)					แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/l)					ไนไตรท์(mg/l)		ไนเตรท(mg/l)		ทีเคเอ็น(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
226	12 พ.ย. 2546	93.2			77.1	16.47	176.3			147.7	11.98	-	-	-	-	269.50			224.8	13.6
228	14 พ.ย. 2546	56.8		-			102.5		-			-		-		159.30		-		
229	15 พ.ย. 2546		-		81.2	12.88		-		154.8	12.2		-		-		-		236.0	12.4
230	16 พ.ย. 2546	107.4		-			160		-			0.056		0.095		267.40		-		
231	17 พ.ย. 2546		103.2		48.1	15.32		153		91.3	10.93		-		-		255.9		139.4	12.5
232	18 พ.ย. 2546			97.3					150									247.7		
233	19 พ.ย. 2546	81.2			92.5	13.87	143.2			145.1	9.313	-	0.112	-	0.1	224.40			237.6	11.1
235	21 พ.ย. 2546	65.7		-			113.2		-			-		-		178.90		-		
236	22 พ.ย. 2546		-		70.4	13.30		-		124.5	13.06		-		-		-		194.9	13.1
237	23 พ.ย. 2546	71.4		-			123.8		-			0.04		0.09		195.20		-		
238	24 พ.ย. 2546		66.2		55.6	15.37		119		101.2	10.6		-		-		184.7		156.8	12.4
239	25 พ.ย. 2546			63.4					112									175.8		
240	26 พ.ย. 2546				60.0	15.97				108.5	12.36		0.06		0.028				168.5	13.7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.9 ไนโตรเจนของน้ำในแปลงควบคุม(ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน)

วันที่ทดลอง	วันที่	ออร์แกนิก-ไนโตรเจน(mg/l)					แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/l)					ไนไตรท์(mg/l)		ไนเตรท(mg/l)		ทีเคเอ็น(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
243	29 พ.ย. 2546	88.1	86.1	84.5			102.5	101	99.5			0.002		0.01		190.60	187	184		
244	30 พ.ย. 2546				84.5	4.09				98.5	3.902		0.005		0.11				183	3.99
247	3 ธ.ค. 2546	90.1	-	-			127.6	-	-			-		-		217.70	-	-		
248	4 ธ.ค. 2546				83.5	7.33				120.1	5.878		-		-				204	6.48
250	6 ธ.ค. 2546	56.7	-	-			124.8	-	-			-		-		181.50	-	-		
251	7 ธ.ค. 2546				51.2	9.70				118.5	5.048		-		-				170	6.5
254	10 ธ.ค. 2546	103.5	100.2	96.5			167.7	166	164			ND		0.15		271.20	266	260.2		
255	11 ธ.ค. 2546				95.5	7.73				162.5	3.101		0.013		0.23				258	4.87
257	13 ธ.ค. 2546	65.8	-	-			134.7	-	-			-		-		200.50	-	-		
258	14 ธ.ค. 2546				60.1	8.66				128.9	4.306		-		-				189	5.74
261	17 ธ.ค. 2546	78.8	-	-			118.7	-	-			-		-		197.50	-	-		
262	18 ธ.ค. 2546				71.1	9.77				112.5	5.223		-		-				184	7.04
264	20 ธ.ค. 2546	98.2	94.2	90.6			179.7	175	172			0.008		0.009		277.90	269	262.9		
265	21 ธ.ค. 2546				90.8	7.54				170.4	5.175		0.016		0.011				261	6.01
268	24 ธ.ค. 2546	100.7	-	-			165.2	-	-			-		-		265.90	-	-		
269	25 ธ.ค. 2546				92.8	7.85				158.9	3.814		-		-				252	5.34
271	27 ธ.ค. 2546	91.2	-	-			177.0	-	-			-		-		268.20	-	-		
272	28 ธ.ค. 2546				85.2	6.58				169.8	4.068		-		-				255	4.92
275	31 ธ.ค. 2546	77.4	75.4	72.1			109.8	108	107			ND		0.023		187.20	184	178.6		
276	1 ม.ค. 2547				71.6	7.49				105.6	3.825		0.229		0.032				177	5.34
278	3 ม.ค. 2547	65.8	-	-			99.7	-	-			-		-		165.50	-	-		
279	4 ม.ค. 2547				62.7	4.71				95.6	4.112		-		-				158	4.35

ตารางที่ข.10 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งและ Total coliformแขวนลอยในแปลงควบคุม(ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน)

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
200	17 ต.ค. 2546	167.8					184					1.70E+06		
202	19 ต.ค. 2546	234.6	165.2				201	125.0				-		
204	21 ต.ค. 2546		-	162.3				-	99.0					
205	22 ต.ค. 2546	318.6			159.70	4.83	221			81	55.98	-	1000	99.94
207	24 ต.ค. 2546	214	-		198.80	15.26	157	-		75	62.69	-	-	-
209	26 ต.ค. 2546	21.29	-	-			237	-	-			-		
210	27 ต.ค. 2546				268.50	15.73				59	73.30		-	-
212	29 ต.ค. 2546	174			175.30	18.08	144			39	75.16	-	-	-
214	31 ต.ค. 2546	15.9	-		19.20	9.82	159	-		65	72.57	1.60E+06	-	-
216	2 พ.ย. 2546	330.8	16.1	-			124	102.0	-			-		
217	3 พ.ย. 2546				143.60	17.47				41	71.53		-	-
218	4 พ.ย. 2546		-	15.3				-	73.0					
219	5 พ.ย. 2546	243.8			13.50	15.09	189			44	72.33		900	99.94
221	7 พ.ย. 2546	131.8	-		260.40	21.28	114	-		32	74.19	-	-	-
223	9 พ.ย. 2546	16.16	-	-			163	-	-			-		
224	10 พ.ย. 2546				203.50	16.53				55	70.90			
226	12 พ.ย. 2546	278.25			112.60	14.57	207			31	72.81	-	-	-
228	14 พ.ย. 2546	267.1	-		21.10	-30.57	195	-		48	70.55	-	-	-

ตารางที่ข.10 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งและ Total coliformแขวนลอยในแปลงควบคุม(ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน)-ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
230	16 พ.ย. 2546	303.23	-	-			226	-	-			3.10E+06		
231	17 พ.ย. 2546				227.60	18.20				59	71.50		-	-
232	18 พ.ย. 2546		281.2	-				155.0	-					
233	19 พ.ย. 2546	211.5			215.90	19.17	179			61	68.72	-	-	-
234	20 พ.ย. 2546			274.1					108.0					
235	21 พ.ย. 2546	187.6	-		252.80	16.63	154	-		58	74.34	-	1200	99.96
237	23 พ.ย. 2546	349.81	-	-			201	-	-			2.75E+06		
238	24 พ.ย. 2546				178.50	15.60				44	75.42		-	-
239	25 พ.ย. 2546		319.7	-				302.9	-					
240	26 พ.ย. 2546				160.00	14.71				36	76.62		-	-
241	27 พ.ย. 2546			305.6					303.9					
242	28 พ.ย. 2546				291.30	16.73				52	74.13		800	99.97

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.11 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งและ Total coliformแขวนลอยในแปลงควบคุม(ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน)

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
200	17 ต.ค. 2546	167.8					184					1.70E+06		
201	18 ต.ค. 2546		159.1					298.9.2						
202	19 ต.ค. 2546	234.6		155.0			201		298.9.3			-		
203	20 ต.ค. 2546		-		153.70	8.40		-		115	37.50		1300	99.92
205	22 ต.ค. 2546	318.6			209.10	10.87	221			85	57.71	-	-	-
207	24 ต.ค. 2546	214		-			157		-			-		
208	25 ต.ค. 2546		-		287.90	9.64		-		67	69.68		-	-
209	26 ต.ค. 2546	21.29		-			237		-			-		
210	27 ต.ค. 2546		-		191.50	10.51		-		50	68.15		-	-
212	29 ต.ค. 2546	174			25.10	-17.90	144			79	66.67	-	-	-
214	31 ต.ค. 2546	15.9		-			159		-			1.60E+06		
215	1 พ.ย. 2546		14.9		155.30	10.75		112.0		44	69.44		-	-
216	2 พ.ย. 2546	330.8		12.3			124		87.0			-		
217	3 พ.ย. 2546		-		13.50	15.09		-		45	71.70		1200	99.93
219	5 พ.ย. 2546	243.8			294.20	11.06	189			36	70.97		-	-
221	7 พ.ย. 2546	131.8		-			114		-			-		
222	8 พ.ย. 2546		-		217.40	10.83		-		51	73.02			
223	9 พ.ย. 2546	16.16		-			163		-			-		

ตารางที่ ข.11 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งและ Total coliformแขวนลอยในแปลงควบคุม(ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน)-ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
224	10 พ.ย. 2546		-		119.30	9.48		-		32	71.93		-	-
226	12 พ.ย. 2546	278.25			11.20	30.69	207			53	67.48	-	-	-
228	14 พ.ย. 2546	267.1		-			195		-			-		
229	15 พ.ย. 2546		-		249.60	10.30		-		72	65.22		-	-
230	16 พ.ย. 2546	303.23		-			226		-			3.10E+06		
231	17 พ.ย. 2546		295.2		241.80	9.47		167.0		64	67.18		-	-
232	18 พ.ย. 2546			292.0					96.0					
233	19 พ.ย. 2546	211.5			281.60	7.13	179			61	73.01	-	1400	99.95
235	21 พ.ย. 2546	187.6		-			154		-			-		
236	22 พ.ย. 2546		-		189.40	10.45		-		59	67.04		-	-
237	23 พ.ย. 2546	349.81		-			201		-			2.75E+06		
238	24 พ.ย. 2546		329.7		166.30	11.35		156.0		42	72.73		-	-
239	25 พ.ย. 2546			319.6					93.0					
240	26 พ.ย. 2546				311.70	10.89				66	67.16		1100	99.96

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.12 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งและ Total coliformแขวนลอยในแปลงควบคุม(ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน)

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
243	27 พ.ย. 2546	308.1	306.1	303.7			221	187	155			1.50E+06		
244	28 พ.ย. 2546				301.2	2.24				127	42.53		450000	70.00
247	1 ธ.ค. 2546	211.8	-	-			197	-	-			-		
248	2 ธ.ค. 2546				201.2	5.00				99	49.75		-	-
250	4 ธ.ค. 2546	33.5	-	-			167	-	-			-		
251	5 ธ.ค. 2546				26	22.39				58	65.27		-	-
254	8 ธ.ค. 2546	186.2	182.1	180.6			216	165	110			1.90E+06		
255	9 ธ.ค. 2546				177.1	4.89				71	67.13		480000	74.74
257	11 ธ.ค. 2546	273.3	-	-			150	-	-			-		
258	12 ธ.ค. 2546				257.4	5.82				53	64.67		-	-
261	15 ธ.ค. 2546	161.1	-	-			124	-	-			-		
262	16 ธ.ค. 2546				153.1	4.97				45	63.71		-	-
264	18 ธ.ค. 2546	182.0	186.3	176			188	156	104			2.50E+06		
265	19 ธ.ค. 2546				172.4	5.27				64	65.96		440000	82.40
268	22 ธ.ค. 2546	324.4	-	-			169	-	-			-		
269	23 ธ.ค. 2546				304.5	6.13				55	67.46		-	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.12 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งและ Total coliformแขวนลอยในแปลงควบคุม(ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน)

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
271	25 ธ.ค. 2546	194.3	-	-			172	-	-			-		
272	26 ธ.ค. 2546				183.1	5.76				59	65.70		-	-
275	29 ธ.ค. 2546	145.8	139.1	137.6			201	166	97			3.00E+06		
276	30 ธ.ค. 2546				136.5	6.38				67	66.67		540000	82.00
279	2 ม.ค. 2547	227.0	-	-			166	-	-			-		
280	3 ม.ค. 2547				215	5.29	175.00	162.33	103.67	55	66.87	2.47E+06	-	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1 การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของบึงประดิษฐ์ที่ปลูกก้ามกุ้ง

ตารางที่ ข.13 อุณหภูมิ pH การระเหยของน้ำในแปลงก้ามกุ้ง(ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน)

วันที่ทดลอง	วันที่	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)				pH				การระเหย (ล./วัน)
			น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	
1	1 เม.ย. 2546	39.8	37.5	-	-	-	7.27	-	-	-	5.9
3	3 เม.ย. 2546	41.5	39.5	36.4	-	-	7.22	7.2	-	-	-
5	5 เม.ย. 2546	-	-	-	36.2	-	-	-	7.14	-	-
6	6 เม.ย. 2546	-	-	-	-	36.0	-	-	-	7.1	-
8	8 เม.ย. 2546	42.3	40.1	-	-	38.2	7.54	-	-	7.1	-
10	10 เม.ย. 2546	41.4	39.3	-	-	-	7.5	-	-	-	8.6
13	13 เม.ย. 2546	-	-	-	-	38.6	-	-	-	7.17	-
15	15 เม.ย. 2546	39.4	37.2	-	-	37.9	7.32	-	-	7.13	-
17	17 เม.ย. 2546	37.8	35.7	36.2	-	-	7.58	7.1	-	-	-
19	19 เม.ย. 2546	-	-	-	35.9	-	-	-	7.03	-	-
20	20 เม.ย. 2546	-	-	-		35.7	-	-	-	6.96	-
22	22 เม.ย. 2546	36.8	34.5			34.3	7.46	-	-	7.21	-
24	24 เม.ย. 2546	41.5	39.4	-			7.17	-	-		9.5
27	27 เม.ย. 2546					33.0		-	-	7.19	
29	29 เม.ย. 2546	39.8	37.5			38.0	7.45	-	-	7.02	
31	1 พ.ค. 2546	38.8	36.4	36.4			7.69	7.25			
33	3 พ.ค. 2546			-	36.2			-	7.23		
34	4 พ.ค. 2546					36.0				7.13	
36	6 พ.ค. 2546	37.8	35.5			34.8	7.83			7.31	
38	8 พ.ค. 2546	37.1	34.8	-			7.36	-			8
41	11 พ.ค. 2546					34.0				7.44	
43	13 พ.ค. 2546	38	35.7			33.3	7.37			7.07	
45	15 พ.ค. 2546	36.1	33.8	34.6			7.43	7.18			
47	17 พ.ค. 2546			-	34.4			-	7.15		
48	18 พ.ค. 2546					34.2				7.17	
50	20 พ.ค. 2546	34.6	32.2			33.0	7.79			7.17	
52	22 พ.ค. 2546	37.8	35.4	-			7.65	-			5.6
55	25 พ.ค. 2546					30.6				7.18	
57	27 พ.ค. 2546	36.4	34.2			31.5	7.34			7.28	
59	29 พ.ค. 2546			33.2				7.22			
61	31 พ.ค. 2546				32.9				7.1		
62	1 มิ.ย. 2546					32.7				7.1	
							7.47			7.16	

ตารางที่ ข.14 อุณหภูมิ pH การระเหยของน้ำในแปลงก้ามกุ้ง(ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน)

วันที่	วันที่	อุณหภูมิอากาศ	อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)				pH				การระเหย
ทดลอง		(องศาเซลเซียส)	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	(ล./วัน)
62	1 มิ.ย. 2546	35.1	32.9				7.91				8.8
63	2 มิ.ย. 2546			32.2				7.75			
64	3 มิ.ย. 2546				31.9				7.66		
65	4 มิ.ย. 2546	37.4	35.2			31.7	7.5			7.6	
68	7 มิ.ย. 2546					34.0				7.25	
69	8 มิ.ย. 2546	33.8	31.7				7.43				
72	11 มิ.ย. 2546	35.7	33.5			30.6	7.41			7.14	6.5
75	14 มิ.ย. 2546					32.3				7.12	
76	15 มิ.ย. 2546	34.7	32.6				7.46				
77	16 มิ.ย. 2546			31.7				7.31			
78	17 มิ.ย. 2546				31.5				7.24		
79	18 มิ.ย. 2546	34.5	32.3			33.0	7.38			7.2	
82	21 มิ.ย. 2546					31.1				7.09	
83	22 มิ.ย. 2546	36.9	34.6				7.26				
86	25 มิ.ย. 2546	30.2	27.8			33.4	7.23			6.97	10
89	28 มิ.ย. 2546					26.5				7.1	
90	29 มิ.ย. 2546	33.2	31.1				7.19				
91	30 มิ.ย. 2546			30.3				7.15			
92	1 ก.ค. 2546				30.1				7.05		
93	2 ก.ค. 2546	32.5	30.3			30.0	7.45			7.1	
96	5 ก.ค. 2546					29.2				7.18	
97	6 ก.ค. 2546	35.4	33.2				7.37				7.5
100	9 ก.ค. 2546	31.1	28.9			31.7	7.6			7.08	
101	10 ก.ค. 2546			32.3				7.4			
102	11 ก.ค. 2546				32.2				7.45		
103	12 ก.ค. 2546					27.4				7.38	
104	13 ก.ค. 2546	33.8	30.9				7.11				
107	16 ก.ค. 2546	31.1	28.8			29.5	7.51			7.13	
110	19 ก.ค. 2546					27.6				7.21	
111	20 ก.ค. 2546	34.1	31.9				7.81				8
114	23 ก.ค. 2546	34.1	31.9			31.0	7.5			7.5	

ตารางที่ ข.14 อุณหภูมิ pH การระเหยของน้ำในแปลงก้ามกุ้ง(ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน)-ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)				pH				การระเหย (ล./วัน)
			น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	
115	24 ก.ค. 2546			31.0				7.35			
116	25 ก.ค. 2546				30.9				7.29		
117	26 ก.ค. 2546					30.7				7.3	
118	27 ก.ค. 2546	34.9	32.7				7.91				
121	30 ก.ค. 2546	30.6	28.2			31.5	7.33			7.6	6.2
124	2 ส.ค. 2546					26.6				7.05	
125	3 ส.ค. 2546	31.0	29.3				7.47				
126	4 ส.ค. 2546			28.6				7.32			
127	5 ส.ค. 2546				28.5				7.31		
128	6 ส.ค. 2546					28.4				7.17	

ตารางที่ ข.15 อุณหภูมิ pH การระเหยของน้ำในแปลงก้ามกุ้ง(ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน)

วันที่ทดลอง	วันที่	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)				pH				การระเหย (ล./วัน)
			น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	
131	9 ส.ค. 2546	32.1	29.8	29.0	28.9		7.62	7.54	7.56		5.1
132	10 ส.ค. 2546					28.8				7.45	
135	13 ส.ค. 2546	30.3	28.1	-	-		7.55	-	-		
136	14 ส.ค. 2546					27.1				7.4	
138	16 ส.ค. 2546	35.6	33.3	-	-		7.43	-	-		
139	17 ส.ค. 2546					32.3				7.28	
142	20 ส.ค. 2546	33.7	31.5	-	-		7.23	-	-		3.5
143	21 ส.ค. 2546					30.5				7.09	
145	23 ส.ค. 2546	38.4	36.4	35.7	35.6		7.5	7.43	7.44		
146	24 ส.ค. 2546					35.5				7.35	
149	27 ส.ค. 2546	29.8	27.6	-	-		7.69	-	-		
150	28 ส.ค. 2546					26.6				7.54	
152	30 ส.ค. 2546	34.9	32.9	-	-		7.45	-	-		
153	31 ส.ค. 2546					32.0				7.3	
156	3 ก.ย. 2546	29.4	27.2		-		7.33	-	-		6
157	4 ก.ย. 2546					26.2				7.18	

ตารางที่ ข.15 อุณหภูมิ pH การระเหยของน้ำในแปลงก้ามกุ้ง(ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน)-ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)				pH				การระเหย (ล./วัน)
			น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	
159	6 ก.ย. 2546	37.7	35.6	34.9	34.8		7.28	7.22	7.18		
160	7 ก.ย. 2546					34.7				7.13	
163	10 ก.ย. 2546	35.3	33.2	-	-		7.36	-	-		
164	11 ก.ย. 2546					32.3				7.2	
166	13 ก.ย. 2546	36.7	34.6	-	-		7.71	-	-		
167	14 ก.ย. 2546					33.7				7.56	
170	17 ก.ย. 2546	35.6	33.5	-	-		7.27	-	-		4.5
171	18 ก.ย. 2546					32.6				7.13	
173	20 ก.ย. 2546	35.4	33.2	32.4	32.4		7.36	7.29	7.25		
174	21 ก.ย. 2546					32.2				7.2	
177	24 ก.ย. 2546	34.1	32.2	-	-		7.45	-	-		
178	25 ก.ย. 2546					31.3				7.3	
180	27 ก.ย. 2546	36.6	34.5	-	-		7.86	-	-		6.5
181	28 ก.ย. 2546					33.6				7.5	
184	1 ต.ค. 2546	34.1	32.1	31.4	31.4		7.31	7.24	7.16		
185	2 ต.ค. 2546					31.2				7.18	
187	4 ต.ค. 2546	32.3	30.2	-	-		7.45	-	-		
188	5 ต.ค. 2546					29.3				7.3	
191	8 ต.ค. 2546	34.6	32.8		-		7.15	-	-		
192	9 ต.ค. 2546					32.0				7.08	
194	11 ต.ค. 2546	32.8	30.2	-	-		7.37	-	-		2
198	15 ต.ค. 2546	35.7	33.5	32.8	32.8	29.0	7.56	7.48	7.45	7.33	
199	16 ต.ค. 2546					32.7				7.41	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.16 การบำบัดซีโอดีและบีโอดีในแปลงก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน

วันที่ทดลอง	วันที่	ซีโอดี(mg/l)					บีโอดี(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
1	1 เม.ย. 2546	317.65					99.27				
3	3 เม.ย. 2546	480	285.5				-	88.3			
5	5 เม.ย. 2546		-	279.1				-	83.2		
6	6 เม.ย. 2546				251.10	20.95				68.5	31.00
8	8 เม.ย. 2546	423.53			344.80	28.17	-			-	-
10	10 เม.ย. 2546	320	-				-	-			
13	13 เม.ย. 2546				285.20	32.66				-	-
15	15 เม.ย. 2546	450			149.60	53.25	164.4			-	-
17	17 เม.ย. 2546	363.64	321.4				-	116.3			
19	19 เม.ย. 2546		-	288.4				-	84.1		
20	20 เม.ย. 2546				178.90	60.24				45.8	72.14
22	22 เม.ย. 2546	347.37			115.30	68.29	-			-	-
24	24 เม.ย. 2546	377.14	-				-	-			
27	27 เม.ย. 2546				103.70	70.15				-	-
29	29 เม.ย. 2546	433.3			120.50	68.05	131.5			-	-
31	1 พ.ค. 2546	240	288.5				-	98.5			
33	3 พ.ค. 2546		-	175.9				-	76.8		
34	4 พ.ค. 2546				139.50	67.81				37.1	71.79
36	6 พ.ค. 2546	348.39			73.40	69.42	-			-	-
38	8 พ.ค. 2546	514.29	-				-	-			
41	11 พ.ค. 2546				94.50	72.88				-	-
43	13 พ.ค. 2546	599.1			159.90	68.91	182.4			-	-
45	15 พ.ค. 2546	440	395.1				-	133.6			
47	17 พ.ค. 2546		-	267.5				-	99.5		
48	18 พ.ค. 2546				195.80	67.32				54.6	70.07
50	20 พ.ค. 2546	466.67			139.40	68.32	-			-	-
52	22 พ.ค. 2546	333.33	-				-	-			
55	25 พ.ค. 2546				142.00	69.57				-	-
57	27 พ.ค. 2546	583.78			99.40	70.18	188.6			-	-
59	29 พ.ค. 2546		488.7					129.1			
61	31 พ.ค. 2546			356.2					91.1		
62	1 มิ.ย. 2546				186.30	68.09	-			54.5	71.10

ตารางที่ ข.17 การบำบัดซีโอดีและบีโอดีในแปลงก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน

วันที่ทดลอง	วันที่	ซีโอดี(mg/l)					บีโอดี(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
62	1 มิ.ย. 2546	440					145.3				
63	2 มิ.ย. 2546		402.3					132			
64	3 มิ.ย. 2546			373.2					107.6		
65	4 มิ.ย. 2546	458.2			342.5	22.16	-			101.2	30.35
68	7 มิ.ย. 2546				325.2	29.03				-	-
69	8 มิ.ย. 2546	348.39					-				
72	11 มิ.ย. 2546	490.91			198.6	42.99	-			-	-
75	14 มิ.ย. 2546				254.3	48.20				-	-
76	15 มิ.ย. 2546	388.2					125.8				
77	16 มิ.ย. 2546		318.1					108.6			
78	17 มิ.ย. 2546			237.6					87.3		
79	18 มิ.ย. 2546	377.14			179.5	53.77	-			45.8	63.59
82	21 มิ.ย. 2546				164.8	56.30				-	-
83	22 มิ.ย. 2546	480.0					-				
86	25 มิ.ย. 2546	342.86			205.9	57.10	-			-	-
89	28 มิ.ย. 2546				148	56.83				-	-
90	29 มิ.ย. 2546	494.1					191.1				
91	30 มิ.ย. 2546		354.1					166.5			
92	1 ก.ค. 2546			254.8					104.5		
93	2 ก.ค. 2546	345.4			217.5	55.98	-			65.3	65.83
96	5 ก.ค. 2546				142.5	58.74				-	-
97	6 ก.ค. 2546	327.3					-				
100	9 ก.ค. 2546	380.2			139.7	57.32	99.5			-	-
101	10 ก.ค. 2546		308.4					76.6			
102	11 ก.ค. 2546			203.4					62.1		
103	12 ก.ค. 2546				163.8	56.92				37.6	62.21
104	13 ก.ค. 2546	314.8					-				
107	16 ก.ค. 2546	379.6			134.5	57.27	-			-	-
110	19 ก.ค. 2546				165.4	56.43				-	-
111	20 ก.ค. 2546	437.7					-				
114	23 ก.ค. 2546	347.8			195.3	55.38	102.5			-	-

ตารางที่ ข.17 การบำบัดซีโอดีและบีโอดีในแปลงก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	ซีโอดี(mg/l)					บีโอดี(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
115	24 ก.ค. 2546		286.8					86.7			
116	25 ก.ค. 2546			223.7					66		
117	26 ก.ค. 2546				143.5	58.74				33.4	67.41
118	27 ก.ค. 2546	409.5					-				
121	30 ก.ค. 2546	373.7			173.5	57.63	-			-	-
124	2 ส.ค. 2546				156.3	58.18				-	-
125	3 ส.ค. 2546	415.7					145				
126	4 ส.ค. 2546		326.4					103.6			
127	5 ส.ค. 2546			266.5					79.3		
128	6 ส.ค. 2546				168.9	59.37				46.5	67.93

ตารางที่ ข.18 การบำบัดซีโอดีและบีโอดีในแปลงก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน

วันที่ทดลอง	วันที่	ซีโอดี(mg/l)					บีโอดี(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
131	9 ส.ค. 2546	442.4	400.7	355.1			144.1	129.6	118.5		
132	10 ส.ค. 2546				332.6	24.82				105.7	26.65
135	13 ส.ค. 2546	418.4	-	-			-	-	-		
136	14 ส.ค. 2546				303.4	27.49				-	-
138	16 ส.ค. 2546	413.6	-	-			-	-	-		
139	17 ส.ค. 2546				248.3	39.97				-	-
142	20 ส.ค. 2546	440.7	-	-			-	-	-		
143	21 ส.ค. 2546				272.5	38.17				-	-
145	23 ส.ค. 2546	391.5	323.1	257.2			135.2	117.9	98.6		
146	24 ส.ค. 2546				238.6	39.05				67.3	50.22
149	27 ส.ค. 2546	380.86	-	-			-	-	-		
150	28 ส.ค. 2546				228.2	40.08				-	-
152	30 ส.ค. 2546	422.3	-	-			-	-	-		
153	31 ส.ค. 2546				255.7	39.45				-	-
156	3 ก.ย. 2546	488.26	-	-			-	-	-		

ตารางที่ ข.18 การบำบัดซีโอดีและบีโอดีในแปลงก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน -ต่อ-

วันที่	วันที่	ซีโอดี(mg/l)					บีโอดี(mg/l)				
ทดลอง		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
157	4 ก.ย. 2546				299.5	38.66				-	-
159	6 ก.ย. 2546	413.28	329.6	259.6			139	111.8	94.5		
160	7 ก.ย. 2546				249.6	39.61				67.5	51.44
163	10 ก.ย. 2546	395.4	-	-			-	-	-		
164	11 ก.ย. 2546				235.9	40.34				-	-
166	13 ก.ย. 2546	397.8	-	-			-	-	-		
167	14 ก.ย. 2546				246.3	38.08				-	-
170	17 ก.ย. 2546	380.7	-	-			-	-	-		
171	18 ก.ย. 2546				228.5	39.98				-	-
173	20 ก.ย. 2546	417.1	334.1	259.7			132.1	116.9	101.2		
174	21 ก.ย. 2546				265.2	36.42				66.5	49.66
177	24 ก.ย. 2546	412.9	-	-			-	-	-		
178	25 ก.ย. 2546				249.4	39.60				-	-
180	27 ก.ย. 2546	468.2	-	-			-	-	-		
181	28 ก.ย. 2546				291.2	37.80				-	-
184	1 ต.ค. 2546	357.8	272.6	217.7			108.2	82.5	70.6		
185	2 ต.ค. 2546				216.8	39.41				48.6	55.08
187	4 ต.ค. 2546	401.7	-	-			-	-	-		
188	5 ต.ค. 2546				247.3	38.44				-	-
191	8 ต.ค. 2546	386.4	-	-			-	-	-		
192	9 ต.ค. 2546				232.6	39.80				-	-
194	11 ต.ค. 2546	428.3	-	-			-	-	-		
195	12 ต.ค. 2546				266.7	37.73				-	-
198	15 ต.ค. 2546	454.54	364.1	287.5			143.6	118.7	94.3		
199	16 ต.ค. 2546				276.5	39.17				66.7	53.55

ตารางที่ข.19 ไนโตรเจนของน้ำในแปลงก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน

วันที่ทดลอง	วันที่	ออร์แกนิก-ไนโตรเจน(mg/l)					แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/l)					ไนไตรท์(mg/l)		ไนเตรท(mg/l)		ทีเคเอ็น(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
1	1 เม.ย. 2546	77.8					95.1					0.05		0.1		172.9				
3	3 เม.ย. 2546	100.2	75.6				92.3	92.56				-		-		192.5	168.2			
5	5 เม.ย. 2546		-	70.7				-	87.8								-	158.5		
6	6 เม.ย. 2546				69.7	10.41				85.3	10.305		0.004		0.187				155.0	10.35
8	8 เม.ย. 2546	56.6			84.5	15.67	123.1			81.24	11.983	-	-	-	-	179.7			165.7	13.9
10	10 เม.ย. 2546	59.2	-				118.9	-				-		-		178.1	-			
13	13 เม.ย. 2546				45.1	20.32				98.4	20.065		-		-				143.5	20.14
15	15 เม.ย. 2546	96.2			46.7	21.11	144.3			90.1	24.222	0.033	-	0.08	-	240.5			136.8	23.19
17	17 เม.ย. 2546	88.8	88.7				192.4	133.5				-		-		281.2	222.2			
19	19 เม.ย. 2546		-	76.4				-	105.8								-	182.2		
20	20 เม.ย. 2546				70.6	26.61				101.7	29.522		ND		0.106				172.3	28.36
22	22 เม.ย. 2546	57.7			64.4	27.48	115.3			131.68	31.559	-	-	-	-	173			196.1	30.27
24	24 เม.ย. 2546	62.2	-				141	-				-		-		203.2	-			
27	27 เม.ย. 2546				41.4	28.25				83.5	27.58		-		-				124.9	27.8
28	28 เม.ย. 2546			-					-									-		
29	29 เม.ย. 2546	79.7			45.8	26.37	141.7			97.5	30.851	0.04	-	0.192	-	221.4			143.3	29.48
31	1 พ.ค. 2546	138.3	71.2				161.3	132.1				-		-		299.6	203.3			

ตารางที่ข.19 ไนโตรเจนของน้ำในแปลงก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	ออร์แกนิก-ไนโตรเจน(mg/l)					แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/l)					ไนไตรท์(mg/l)		ไนเตรท(mg/l)		ทีเคเอ็น(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
33	3 พ.ค. 2546		-	65.8				-	114.3								-	180.1		
34	4 พ.ค. 2546				57.8	27.48				102.1	27.946		0.011		0.345				159.9	27.78
36	6 พ.ค. 2546	95.4			105.9	23.43	220.1			109.28	32.25	-	-	-	-	315.5			215.2	28.18
38	8 พ.ค. 2546	51.4	-				185	-				-		-		236.4	-			
41	11 พ.ค. 2546				71.5	25.05				158.64	27.924		-		-				230.1	27.06
43	13 พ.ค. 2546	118.5			37.1	27.82	154			126.5	31.622	0.01	-	0.107	-	272.5			163.6	30.8
45	15 พ.ค. 2546	82	105.8				193.3	143.6				-		-		275.3	249.4			
47	17 พ.ค. 2546		-	99.7				-	125.7								-	225.4		
48	18 พ.ค. 2546				88.6	25.23				112.89	26.695		0.005		0.118				201.5	26.06
50	20 พ.ค. 2546	51.3			59.7	27.20	224.6			129.38	33.068	-	-	-	-	275.9			189.1	31.32
52	22 พ.ค. 2546	153.5	-				218.2	-				-		-		371.7	-			
55	25 พ.ค. 2546				37.4	27.10				149.87	33.272		-		-				187.3	32.12
57	27 พ.ค. 2546	92			116.2	24.30	184			148.4	31.989	0.01	-	0.116	-	276			264.6	28.81
59	29 พ.ค. 2546		82.4					172.4									254.8			
61	31 พ.ค. 2546			72.7					151.2									223.9		
62	1 มิ.ย. 2546				67.1	27.07				133.4	27.5	-		-					200.5	27.36

ตารางที่ ข.20 ไนโตรเจนของน้ำในแปลงก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน

วันที่ทดลอง	วันที่	ออร์แกนิก-ไนโตรเจน(mg/l)					แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/l)					ไนไตรท์(mg/l)		ไนเตรท(mg/l)		ทีเคเอ็น(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
62	1 มิ.ย. 2546	145.3					218.0					0.021		0.075		363.3				
63	2 มิ.ย. 2546		144.6					212.7									357.3			
64	3 มิ.ย. 2546			138.5					207.1									345.6		
65	4 มิ.ย. 2546	105.8			137.8	5.16	162.0			197.29	9.5	-	0.025	-	0.118	267.8			335.1	7.765
68	7 มิ.ย. 2546				97.5	7.84				139.64	13.802		-		-				237.1	11.45
69	8 มิ.ย. 2546	116.4					174.0					-		-		290.4				
72	11 มิ.ย. 2546	74.76			102.3	12.11	112.0			146.7	15.69	-	-	-	-	186.8			249	14.26
75	14 มิ.ย. 2546				63.5	15.06				93.8	16.25		-		-				157.3	15.77
76	15 มิ.ย. 2546	111.2					168.0					0.23		0.357		279.2				
77	16 มิ.ย. 2546		97.5					161.7									259.2			
78	17 มิ.ย. 2546			105.5					149.4									254.9		
79	18 มิ.ย. 2546	127.1			106.2	14.54	184.0			138.8	17.381	-	ND	-	0.587	311.1			245	12.25
82	21 มิ.ย. 2546				108.5	14.63				146.65	20.299		-		-				255.2	17.98
83	22 มิ.ย. 2546	113.6					173.0					-		-		286.6				
86	25 มิ.ย. 2546	109.8			96.1	15.40	168.0			141	18.497	-	-	-	-	277.8			237.1	17.27
89	28 มิ.ย. 2546				93.1	15.21				134.9	19.702		-		-				228	17.93
90	29 มิ.ย. 2546	95.6					144.0					ND		0.061		239.6				

ตารางที่ ข.20 ไนโตรเจนของน้ำในแปลงก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	ออร์แกนิก-ไนโตรเจน(mg/l)					แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/l)					ไนไตรท์(mg/l)		ไนเตรท(mg/l)		ทีเคเอ็น(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
91	30 มิ.ย. 2546		89.6					138.7									228.3			
92	1 ก.ค. 2546			81.6					128.7									210.3		
93	2 ก.ค. 2546	117.2			80.9	15.38	169.0			118.73	17.549	-	0.276	-	0.099	286.2			199.6	16.68
96	5 ก.ค. 2546				99.7	14.93				131.9	21.953		-		-				231.6	19.08
97	6 ก.ค. 2546	84.6					126.0					-		-		210.6				
100	9 ก.ค. 2546	95.4			72.4	14.42	143.0			100.6	20.159	ND	-	0.115	-	238.4			173	17.85
101	10 ก.ค. 2546		91.5					137.2									228.7			
102	11 ก.ค. 2546			82.9					124.8									207.7		
103	12 ก.ค. 2546				80.3	15.83				116.26	18.699		0.113		0.198				196.6	17.55
104	13 ก.ค. 2546	78.4					117.0					-		-		195.4				
107	16 ก.ค. 2546	107.1			66.2	15.56	166.0			94.48	19.248	-	-	-	-	273.1			160.7	17.77
110	19 ก.ค. 2546				91.1	14.94				129.5	21.988		-		-				220.6	19.22
111	20 ก.ค. 2546	16					24.0					-		-		40.0				
114	23 ก.ค. 2546	127.2			5	68.75	184.0			19.8	17.5	ND	-	0.211	-	311.2			24.8	38
115	24 ก.ค. 2546		122.4					175.4									297.8			
116	25 ก.ค. 2546			116.2					161.1									277.3		
117	26 ก.ค. 2546				109.7	13.76				146.5	20.38		ND		0.364				256.2	17.67

ตารางที่ ข.20 ไนโตรเจนของน้ำในแปลงก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	ออร์แกนิก-ไนโตรเจน(mg/l)					แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/l)					ไนไตรท์(mg/l)		ไนเตรท(mg/l)		ทีเคเอ็น(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
118	27 ก.ค. 2546	107.4					157.0					-		-		264.4				
121	30 ก.ค. 2546	123.7			92.1	14.25	190.0			124.8	20.51	-	-	-	-	313.7			216.9	17.97
124	2 ส.ค. 2546				105.2	14.96				153.1	19.421		-		-				258.3	17.66
125	3 ส.ค. 2546	146.7					219.0					0.119		0.751		365.7				
126	4 ส.ค. 2546		137.6					210.1									347.7			
127	5 ส.ค. 2546			129.2					187.9									317.1		
128	6 ส.ค. 2546				125.9	14.18				175.2	20		0.313		0.944				301.1	17.66

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.21 ไนโตรเจนของน้ำในแปลงก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน

วันที่ทดลอง	วันที่	ออร์แกนิก-ไนโตรเจน(mg/l)					แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/l)					ไนไตรท์(mg/l)		ไนเตรท(mg/l)		ทีเคเอ็น(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
131	9 ส.ค. 2546	85.6	83.2	81.2			216.0	212.8	208.1			0.002		0.01		301.6	296	289.3		
132	10 ส.ค. 2546				81.8	4.44				203.2	5.9259		0.005		0.11				285	5.504
135	13 ส.ค. 2546	79.6	-	-			188.0	-	-			-		-		267.6	-	-		
136	14 ส.ค. 2546				74.5	6.41				176.8	5.9574		-		-				251.3	6.091
138	16 ส.ค. 2546	78.4	-	-			218.0	-	-			-		-		296.4	-	-		
139	17 ส.ค. 2546				72.9	7.02				201.8	7.4312		-		-				274.7	7.321
142	20 ส.ค. 2546	68.14	-	-			166.0	-	-			-		-		234.1	-	-		
143	21 ส.ค. 2546				61.25	10.11				152.8	7.9518		-		-				214.1	8.58
145	23 ส.ค. 2546	78.3	73.9	70.3			174.0	170.3	160.2			0.02		0.053		252.3	244.2	230.5		
146	24 ส.ค. 2546				70.6	9.83				156.8	9.8851		0.231		0.075				227.4	9.869
149	27 ส.ค. 2546	46.81	-	-			114.0	-	-			-		-		160.8	-	-		
150	28 ส.ค. 2546				42.1	10.06				107.9	5.3509		-		-				150	6.722
152	30 ส.ค. 2546	65.92	-	-			169.0	-	-			-		-		234.9	-	-		
153	31 ส.ค. 2546				59.4	9.89				151.6	10.296		-		-				211	10.18
156	3 ก.ย. 2546	64.71	-	-			182.0	-	-			-		-		246.7	-	-		
157	4 ก.ย. 2546				58.28	9.94				165.1	9.2857		-		-				223.4	9.456
159	6 ก.ย. 2546	68.88	65.15	60.3			174.0	168.8	162.8			0.1		0.265		242.9	233.95	223.1		
160	7 ก.ย. 2546				61.5	10.71				157.3	9.5977		0.22		0.376				218.8	9.914

ตารางที่ ข.21 ไนโตรเจนของน้ำในแปลงก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	ออร์แกนิก-ไนโตรเจน(mg/l)					แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/l)					ไนไตรท์(mg/l)		ไนเตรท(mg/l)		ทีเคเอ็น(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
163	10 ก.ย. 2546	65.9	-	-			169.0	-	-			-		-		234.9	-	-		
164	11 ก.ย. 2546				59.1	10.32				147.8	12.544		-		-				206.9	11.92
166	13 ก.ย. 2546	66.3	-	-			188.0	-	-			-		-		254.3	-	-		
167	14 ก.ย. 2546				59.2	10.71				167.2	11.064		-		-				226.4	10.97
170	17 ก.ย. 2546	40.1	-	-			95.0	-	-			-		-		135.1	-	-		
171	18 ก.ย. 2546				35.9	10.47				84.9	10.632		-		-				120.8	10.58
173	20 ก.ย. 2546	45.3	43.1	41.5			125.0	121.5	117.8			0.001		0.006		170.3	164.6	159.3		
174	21 ก.ย. 2546				40.5	10.60				112.1	10.32		0.004		0.007				152.6	10.39
177	24 ก.ย. 2546	44.7	-	-			118.0	-	-			-		-		162.7	-	-		
178	25 ก.ย. 2546				39.7	11.19				106.8	9.4915		-		-				146.5	9.957
180	27 ก.ย. 2546	52.6	-	-			141.0	-	-			-		-		193.6	-	-		
181	28 ก.ย. 2546				46.5	11.60				125.5	10.993		-		-				172	11.16
184	1 ต.ค. 2546	76.3	71.94	69.4			198.0	193.2	182.78			0.237		0.61		274.3	265.14	252.18		
185	2 ต.ค. 2546				68.3	10.48				176.8	10.707		0.07		0.71				245.1	10.65
187	4 ต.ค. 2546	43.1	-	-			123.0	-	-			-		-		166.1	-	-		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.21 ไนโตรเจนของน้ำในแปลงก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	ออร์แกนิก-ไนโตรเจน(mg/l)					แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/l)					ไนไตรท์(mg/l)		ไนเตรท(mg/l)		ทีเคเอ็น(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
188	5 ต.ค. 2546				38.1	11.60				110.6	10.081		-		-				148.7	10.48
191	8 ต.ค. 2546	55.2	-	-			141.0	-	-			-		-		196.2	-	-		
192	9 ต.ค. 2546				49.7	9.96				127.3	9.7163		-		-				177	9.786
194	11 ต.ค. 2546	46.9	-	-			116.0	-	-			-		-		162.9	-	-		
195	12 ต.ค. 2546				41.7	11.09				103.9	10.431		-		-				145.6	10.62
198	15 ต.ค. 2546	62.22	59.21	57.4			167.0	158.9	155.8			0.003		0.009		229.2	218.11	213.2		
199	16 ต.ค. 2546				55.4	10.96				151.26	9.4251		0.018		0.011				206.7	9.842

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.22 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในแปลงก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
1	1 เม.ย. 2546	114.07					138					2.20E+06		
3	3 เม.ย. 2546	38.02	110.1				182	108				-		
5	5 เม.ย. 2546		-	109.00				-	84					
6	6 เม.ย. 2546				108.50	4.88				71	48.55		800	99.96
8	8 เม.ย. 2546	247.15			46.60	-22.57	156			72	60.44	-	-	-
10	10 เม.ย. 2546	214.00	-				133	-				-		
13	13 เม.ย. 2546				200.50	18.88				41	73.72		-	-
15	15 เม.ย. 2546	21.29			167.20	21.87	164			40	69.92	1.60E+06	-	-
17	17 เม.ย. 2546	174.00	21.0				146	99				-		
19	19 เม.ย. 2546		-	22.00				-	72					
20	20 เม.ย. 2546				21.10	0.89				28	82.93		600	99.96
22	22 เม.ย. 2546	15.90			138.50	20.40	135			27	81.51	-	-	-
24	24 เม.ย. 2546	330.80	-				157	-				-		
27	27 เม.ย. 2546				14.80	6.92				22	83.70		-	-
29	29 เม.ย. 2546	243.80			259.60	21.52	169			31	80.25	1.80E+06	-	-
31	1 พ.ค. 2546	131.80	229.8				112	198				-		
33	3 พ.ค. 2546		-	210.40				-	65					

ตารางที่ ข.22 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในแปลงก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
34	4 พ.ค. 2546				195.10	19.98				22	86.98		800	99.96
36	6 พ.ค. 2546	16.16			104.50	20.71	145			25	77.68	-	-	-
38	8 พ.ค. 2546	278.25	-				228	-				-		
41	11 พ.ค. 2546				19.20	-18.81				26	82.07		-	-
43	13 พ.ค. 2546	267.10			219.30	21.19	240			37	83.77	3.50E+06	-	-
45	15 พ.ค. 2546	303.23	251.3				175	130				-		
47	17 พ.ค. 2546		-	227.50				-	66					
48	18 พ.ค. 2546				211.50	20.82				44	81.67		900	99.97
50	20 พ.ค. 2546	211.50			235.10	22.47	188			30	82.86	-	-	-
52	22 พ.ค. 2546	187.60	-				143	-				-		
55	25 พ.ค. 2546				171.30	19.01				37	80.32		-	-
57	27 พ.ค. 2546	349.81			148.50	20.84	208			24	83.22	2.90E+06	-	-
59	29 พ.ค. 2546		312.6					121						
61	31 พ.ค. 2546			289.50					67					
62	1 มิ.ย. 2546				269.80	22.87				39	81.25		700	99.98

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.23 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในแปลงก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
62	1 มิ.ย. 2546	318.70					183					1.70E+06		
63	2 มิ.ย. 2546		312.4					146						
64	3 มิ.ย. 2546			309.50					125					
65	4 มิ.ย. 2546	203.50			303.20	4.86	172			115	37.16	-	900	99.95
68	7 มิ.ย. 2546				192.20	5.55				99	42.44		-	-
69	8 มิ.ย. 2546	26.20					144					-		
72	11 มิ.ย. 2546	188.60			26.00	0.76	175			58	59.72	-	-	-
75	14 มิ.ย. 2546				176.10	6.63				58	66.86		-	-
76	15 มิ.ย. 2546	244.70					132					1.40E+06		
77	16 มิ.ย. 2546		237.5					110						
78	17 มิ.ย. 2546			233.90					76					
79	18 มิ.ย. 2546	117.80			230.40	5.84	139			41	68.94	-	1000	99.93
82	21 มิ.ย. 2546				110.00	6.62				45	67.63		-	-
83	22 มิ.ย. 2546	219.00					153					-		
86	25 มิ.ย. 2546	324.40			206.20	5.84	127			49	67.97	-	-	-
89	28 มิ.ย. 2546				304.50	6.13				35	72.44		-	-
90	29 มิ.ย. 2546	194.30					212					2.20E+06		
91	30 มิ.ย. 2546		188.6					156						

ตารางที่ ข.23 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในแปลงก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
92	1 ก.ค. 2546			182.10					104					
93	2 ก.ค. 2546	145.80			183.10	5.76	121			66	68.87	-	800	99.96
96	5 ก.ค. 2546				136.50	6.38				34	71.90		-	-
97	6 ก.ค. 2546	227.00					143					-		
100	9 ก.ค. 2546	280.90			213.50	5.95	165			43	69.93	2.00E+06	-	-
101	10 ก.ค. 2546		275.6					124						
102	11 ก.ค. 2546			266.20					100					
103	12 ก.ค. 2546				264.60	5.80				53	67.88		1100	99.95
104	13 ก.ค. 2546	43.20					142					-		
107	16 ก.ค. 2546	279.40			42.00	2.78	158			42	70.42	-	-	-
110	19 ก.ค. 2546				264.10	5.48				49	68.99		-	-
111	20 ก.ค. 2546	234.50					187					-		
114	23 ก.ค. 2546	214.60			220.00	6.18	136			49	73.80	2.80E+06	-	-
115	24 ก.ค. 2546		210					107						
116	25 ก.ค. 2546			207.80					72					
117	26 ก.ค. 2546				202.10	5.82				41	69.85		1000	99.96

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.23 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในแปลงก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
118	27 ก.ค. 2546	306.30					200					-		
121	30 ก.ค. 2546	101.60			289.50	5.48	126			65	67.50	-	-	-
124	2 ส.ค. 2546				102.30	-0.69				45	64.29		-	-
125	3 ส.ค. 2546	19.30					187					1.80E+06		
126	4 ส.ค. 2546		24				156.43	129						
127	5 ส.ค. 2546			26.50				124.25	94					
128	6 ส.ค. 2546				20.10	-4.15			88.00	69	63.10		800	99.96

ตารางที่ข.24 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในแปลงก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
131	9 ส.ค. 2546	286.40	283.1	281.20			164	134	115			2.60E+06		
132	10 ส.ค. 2546				279.60	2.37				103	37.20		500000	80.77
135	13 ส.ค. 2546	214.40	-	-			158	-	-			-		
136	14 ส.ค. 2546				207.00	3.45				65	58.86		-	-
138	16 ส.ค. 2546	313.60	-	-			177	-	-			-		

ตารางที่ ข.24 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในแปลงก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
139	17 ส.ค. 2546				301.30	3.92				60	66.10		-	-
142	20 ส.ค. 2546	144.30	-	-			156	-	-			-		
143	21 ส.ค. 2546				139.10	3.60				54	65.38		-	-
145	23 ส.ค. 2546	346.50	341.2	338.60			135	97	65			1.60E+06		
146	24 ส.ค. 2546				334.10	3.58				47	65.19		230000	85.63
149	27 ส.ค. 2546	36.60	-	-			141	-	-			-		
150	28 ส.ค. 2546				34.00	7.10				49	65.25		-	-
152	30 ส.ค. 2546	325.10	-	-			188	-	-			-		
153	31 ส.ค. 2546				313.50	3.57				65	65.43		-	-
156	3 ก.ย. 2546	316.00	-	-			210	-	-			-		
157	4 ก.ย. 2546				303.00	4.11				70	66.67		-	-
159	6 ก.ย. 2546	350.80	347.1	341.30			198	127	99			1.80E+06		
160	7 ก.ย. 2546				338.10	3.62				65	67.17		220000	87.78
163	10 ก.ย. 2546	199.70	-	-			155	-	-			-		
164	11 ก.ย. 2546				192.10	3.81				54	65.16		-	-
166	13 ก.ย. 2546	316.60	-	-			173	-	-			-		
167	14 ก.ย. 2546				305.10	3.63				56	67.63		-	-
170	17 ก.ย. 2546	305.60	-	-			171	-	-			-		

ตารางที่ ข.24 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในแปลงก้ามกุ้งระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
171	18 ก.ย. 2546				295.20	3.40				59	65.50		-	-
173	20 ก.ย. 2546	118.60	117	115.70			168	116	85			1.60E+06		
174	21 ก.ย. 2546				114.50	3.46				54	67.86		160000	90.00
177	24 ก.ย. 2546	42.00	-	-			188	-	-			-		
178	25 ก.ย. 2546				40.00	4.76				65	65.43		-	-
180	27 ก.ย. 2546	226.80	-	-			220	-	-			-		
181	28 ก.ย. 2546				214.80	5.29				71	67.73		-	-
184	1 ต.ค. 2546	321.30	317.8	299.70			128	90	71			2.30E+06		
185	2 ต.ค. 2546				310.00	3.52				45	64.84		480000	79.13
187	4 ต.ค. 2546	284.70	-	-			175	-	-			-		
188	5 ต.ค. 2546				274.10	3.72				60	65.71		-	-
191	8 ต.ค. 2546	130.60	-	-			153	-	-			-		
192	9 ต.ค. 2546				126.10	3.45				54	64.71		-	-
194	11 ต.ค. 2546	116.40	-	-			206	-	-			-		
195	12 ต.ค. 2546				112.00	3.78				69	66.50		-	-
198	15 ต.ค. 2546	299.60	286.9	291.50			200	125	89			2.20E+06		
199	16 ต.ค. 2546				288.50	3.70				66	67.00		350000	84.09

4.1 การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดของบึงประดิษฐ์ทีปลูกธูปฤาษี

ตารางที่ ข.25 อุณหภูมิ pH การระเหยของน้ำในแปลงธูปฤาษี(ระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน)

วันที่ทดลอง	วันที่	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)				pH				การระเหย (ล./วัน)
			น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	
1	1 เม.ย. 2546	39.8	37.5				7.27				12.4
3	3 เม.ย. 2546	41.5	39.5	36.3			7.22	7.2			
5	5 เม.ย. 2546				36.0				7.09		
6	6 เม.ย. 2546					36.9				7.07	
8	8 เม.ย. 2546	42.3	40.1			38.2	7.54			7.1	
10	10 เม.ย. 2546	41.4	39.3				7.5				23.5
13	13 เม.ย. 2546					38.2				7.13	
15	15 เม.ย. 2546	39.4	37.2			37.7	7.32			7.01	
17	17 เม.ย. 2546	37.8	35.7	35.9			7.58	7.21			
19	19 เม.ย. 2546				35.6				7.01		
20	20 เม.ย. 2546					35.5				6.95	
22	22 เม.ย. 2546	36.8	34.5			34.1	7.46			7.14	
24	24 เม.ย. 2546	41.5	39.4				7.17				
27	27 เม.ย. 2546					32.7				7.12	
29	29 เม.ย. 2546	39.8	37.5			37.8	7.45			7.06	
31	1 พ.ค. 2546	38.8	36.4	36.1			7.69	7.32			28.5
33	3 พ.ค. 2546				35.9				7.23		
34	4 พ.ค. 2546					35.7				7.13	
36	6 พ.ค. 2546	37.8	35.5			34.6	7.83			7.23	
38	8 พ.ค. 2546	37.1	34.8				7.36				30.8
41	11 พ.ค. 2546					33.7				7.32	
43	13 พ.ค. 2546	38	35.7			33.0	7.37			7.17	
45	15 พ.ค. 2546	36.1	33.8	34.3			7.43	7.21			29
47	17 พ.ค. 2546				34.1				7.15		
48	18 พ.ค. 2546					33.9				7.11	
50	20 พ.ค. 2546	34.6	32.2			32.0	7.79			7.05	
52	22 พ.ค. 2546	37.8	35.4				7.65				30.8
55	25 พ.ค. 2546					30.4				7.2	
57	27 พ.ค. 2546	36.4	34.2			33.6	7.34			7.21	
59	29 พ.ค. 2546			32.9				7.23			
61	31 พ.ค. 2546				32.6				7.1		
62	1 มิ.ย. 2546					32.5				7.04	

ตารางที่ ข.26 อุณหภูมิ pH การระเหยของน้ำในแปลงธูปฤาษี(ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน)

วันที่ทดลอง	วันที่	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)				pH				การระเหย (ล./วัน)
			น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	
62	1 มิ.ย. 2546	35.1	32.9				7.91				13.5
63	2 มิ.ย. 2546			32.2				7.61			
64	3 มิ.ย. 2546				32				7.5		
65	4 มิ.ย. 2546	37.4	35.2			31.7	7.5			7.45	
68	7 มิ.ย. 2546					33.9				7.31	
69	8 มิ.ย. 2546	33.8	31.7				7.43				
72	11 มิ.ย. 2546	35.7	33.5			30.4	7.41			7.21	18.7
75	14 มิ.ย. 2546					32.0				7.25	
76	15 มิ.ย. 2546	34.7	32.5				7.46				
77	16 มิ.ย. 2546			31.7				7.35			
78	17 มิ.ย. 2546				31.3				7.21		
79	18 มิ.ย. 2546	34.5	32.3			31.0	7.38			7.18	25.9
82	21 มิ.ย. 2546					30.8				7.18	
83	22 มิ.ย. 2546	36.9	34.6				7.26				
86	25 มิ.ย. 2546	30.2	27.8			33.1	7.23			7.05	29.5
89	28 มิ.ย. 2546					26.2				7.08	
90	29 มิ.ย. 2546	33.2	31.1				7.19				
91	30 มิ.ย. 2546			29.9				7.1			
92	1 ก.ค. 2546				29.8				7.05		
93	2 ก.ค. 2546	32.5	30.3			29.7	7.45			6.98	
96	5 ก.ค. 2546					28.8				7.25	
97	6 ก.ค. 2546	35.4	33.2				7.37				28.9
100	9 ก.ค. 2546	31.1	28.9			31.7	7.6			7.18	
101	10 ก.ค. 2546			27.6				7.46			
102	11 ก.ค. 2546				27.6				7.42		
103	12 ก.ค. 2546					27.4				7.35	
104	13 ก.ค. 2546	33.8	30.9				7.11				
107	16 ก.ค. 2546	31.1	28.8			29.0	7.51			6.95	30
110	19 ก.ค. 2546					27.5				7.36	
111	20 ก.ค. 2546	34.1	31.9				7.81				
114	23 ก.ค. 2546	34.1	31.9			30.4	7.5			7.56	

ตารางที่ ข.26 อุณหภูมิ pH การระเหยของน้ำในแปลงธูปฤาษี(ระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน) -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)				pH				การระเหย (ล./วัน)
			น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	
115	24 ก.ค. 2546			31.1				7.45			
116	25 ก.ค. 2546				30.6				7.35		
117	26 ก.ค. 2546					30.4				7.37	
118	27 ก.ค. 2546	34.9	32.7				7.91				
120	29 ก.ค. 2546	30.6	28.2				7.33				28.5
121	30 ก.ค. 2546					31.2				7.46	
123	1 ส.ค. 2546					26.6				7.16	
125	3 ส.ค. 2546	31.0	29.3				7.47				
126	4 ส.ค. 2546			28.8				7.38			
127	5 ส.ค. 2546				28.2				7.3		
128	6 ส.ค. 2546					28.0				7.22	

ตารางที่ ข.27 อุณหภูมิ pH การระเหยของน้ำในแปลงธูปฤาษี(ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน)

วันที่ทดลอง	วันที่	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)				pH				การระเหย (ล./วัน)
			น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	
131	9 ส.ค. 2546	32.1	29.8	28.7	28.5		7.62	7.59	7.57		
132	10 ส.ค. 2546					28.5				7.56	
135	13 ส.ค. 2546	30.3	28.1				7.55				
136	14 ส.ค. 2546					26.9				7.6	
138	16 ส.ค. 2546	35.6	33.3				7.43				17.5
139	17 ส.ค. 2546					32.0				7.4	
142	20 ส.ค. 2546	33.7	31.5				7.23				
143	21 ส.ค. 2546					30.3				7.11	
145	23 ส.ค. 2546	38.4	36.4	35.4	35.3		7.5	7.45	7.44		
146	24 ส.ค. 2546					35.3				7.43	
149	27 ส.ค. 2546	29.8	27.6				7.69				26.5
150	28 ส.ค. 2546					26.4				7.5	
152	30 ส.ค. 2546	34.9	32.9				7.45				
153	31 ส.ค. 2546					31.8				7.4	

ตารางที่ ข.27 อุณหภูมิ pH การระเหยของน้ำในแปลงธูปฤาษี(ระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน) -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)				pH				การระเหย (ล./วัน)
			น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	
160	7 ก.ย. 2546					34.4				7.1	
163	10 ก.ย. 2546	35.3	33.2				7.36				
164	11 ก.ย. 2546					32.0				7.24	
166	13 ก.ย. 2546	36.7	34.6				7.71				25.5
167	14 ก.ย. 2546					33.4				7.4	
170	17 ก.ย. 2546	35.6	33.5				7.27				
171	18 ก.ย. 2546					32.3				7.1	
173	20 ก.ย. 2546	35.4	33.2	32.1	32.0		7.36	7.27	7.27		
174	21 ก.ย. 2546					32.0				7.22	
177	24 ก.ย. 2546	34.1	32.2				7.45				23
178	25 ก.ย. 2546					31.1				7.31	
180	27 ก.ย. 2546	36.6	34.5				7.86				
181	28 ก.ย. 2546					33.3				7.6	
184	1 ต.ค. 2546	34.1	32.1	31.1	31.0		7.31	7.21	7.34		
185	2 ต.ค. 2546					31.0				7.2	
187	4 ต.ค. 2546	32.3	30.2				7.45				28.5
188	5 ต.ค. 2546					29.0				7.25	
191	8 ต.ค. 2546	34.6	32.8				7.15				
192	9 ต.ค. 2546					31.8				7.01	
194	11 ต.ค. 2546	32.8	30.2				7.37				
195	12 ต.ค. 2546					28.7				7.2	
198	15 ต.ค. 2546	35.7	33.5	32.4	32.3		7.56	7.49	7.4		26.5
199	16 ต.ค. 2546					32.3				7.42	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.28 การบำบัดซีโอดีและบีโอดีในแปลงธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน

วันที่ทดลอง	วันที่	ซีโอดี(mg/l)					บีโอดี(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
1	1 เม.ย. 2546	317.65					99.27				
3	3 เม.ย. 2546	480	282.6				-	80.0			
5	5 เม.ย. 2546		-	275.6				-	63.3		
6	6 เม.ย. 2546				247.60	22.05				56.3	43.29
8	8 เม.ย. 2546	423.53			342.86	28.57	-			-	-
10	10 เม.ย. 2546	320	-				-	-			
13	13 เม.ย. 2546				282.35	33.33				-	-
15	15 เม.ย. 2546	450			160.00	50.00	164.4			-	-
17	17 เม.ย. 2546	363.64	345.6				-	108.9			
19	19 เม.ย. 2546		-	298.5				-	86.1		
20	20 เม.ย. 2546				187.50	58.33				28.5	82.66
22	22 เม.ย. 2546	347.37			102.30	71.87	-			-	-
24	24 เม.ย. 2546	377.14	-				-	-			
27	27 เม.ย. 2546				63.16	81.82				-	-
29	29 เม.ย. 2546	433.3			34.29	90.91	131.5			-	-
31	1 พ.ค. 2546	240	280.9				-	89.6			
33	3 พ.ค. 2546		-	145.7				-	58.7		
34	4 พ.ค. 2546				32.30	92.55				10.2	92.24
36	6 พ.ค. 2546	348.39			30.90	87.13	-			-	-
38	8 พ.ค. 2546	514.29	-				-	-			
41	11 พ.ค. 2546				59.40	82.95				-	-
43	13 พ.ค. 2546	599.1			67.80	86.82	182.4			-	-
45	15 พ.ค. 2546	440	395.4				-	123.4			
47	17 พ.ค. 2546		-	198.7				-	85.4		
48	18 พ.ค. 2546				64.20	89.28				16.5	90.95
50	20 พ.ค. 2546	466.67			55.40	87.41	-			-	-
52	22 พ.ค. 2546	333.33	-				-	-			
55	25 พ.ค. 2546				72.60	84.44				-	-
57	27 พ.ค. 2546	583.78			48.90	85.33	188.6			-	-
59	29 พ.ค. 2546		408.6					129.1			
61	31 พ.ค. 2546			267.9					91.1		
62	1 มิ.ย. 2546				108.70	81.38	-			20.9	88.92

ตารางที่ข.29 การบำบัดซีโอดีและบีโอดีในแปลงธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน

วันที่	วันที่	ซีโอดี(mg/l)					บีโอดี(mg/l)				
ทดลอง		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
62	1 มิ.ย. 2546	440					145.3				
63	2 มิ.ย. 2546		378.2					126.4			
64	3 มิ.ย. 2546			328.4					105.6		
65	4 มิ.ย. 2546	458.2			280.1	36.34	-			88.6	39.02
68	7 มิ.ย. 2546				247.06	46.08				-	-
69	8 มิ.ย. 2546	348.39					-				
72	11 มิ.ย. 2546	490.91			157.8	54.71	-			-	-
75	14 มิ.ย. 2546				213.5	56.51				-	-
76	15 มิ.ย. 2546	388.2					125.8				
77	16 มิ.ย. 2546		318.1					128.5			
78	17 มิ.ย. 2546			237.6					67.2		
79	18 มิ.ย. 2546	377.14			146.7	62.21	-			45	64.23
82	21 มิ.ย. 2546				140.1	62.85				-	-
83	22 มิ.ย. 2546	480.0					-				
86	25 มิ.ย. 2546	342.86			186.9	61.06	-			-	-
89	28 มิ.ย. 2546				136.5	60.19				-	-
90	29 มิ.ย. 2546	494.1					191.1				
91	30 มิ.ย. 2546		354.1					186.1			
92	1 ก.ค. 2546			254.8					100.9		
93	2 ก.ค. 2546	345.4			178.44	63.89	-			61.3	67.92
96	5 ก.ค. 2546				128.7	62.74				-	-
97	6 ก.ค. 2546	327.3					-				
100	9 ก.ค. 2546	380.2			126.4	61.38	99.5			-	-
101	10 ก.ค. 2546		308.4					96.7			
102	11 ก.ค. 2546			203.4					50.2		
103	12 ก.ค. 2546				129.9	65.83				25.8	74.07
104	13 ก.ค. 2546	314.8					-				
107	16 ก.ค. 2546	379.6			124	60.61	-			-	-
110	19 ก.ค. 2546				136.8	63.96				-	-
111	20 ก.ค. 2546	437.7					-				
114	23 ก.ค. 2546	347.8			167.6	61.71	102.5			-	-

ตารางที่ข.29 การบำบัดซีโอดีและบีโอดีในแปลงธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	ซีโอดี(mg/l)					บีโอดี(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
118	27 ก.ค. 2546	409.5					-				
121	30 ก.ค. 2546	373.7			122.4	70.11	-			-	-
124	2 ส.ค. 2546				143.6	61.57				-	-
125	3 ส.ค. 2546	415.7					145				
126	4 ส.ค. 2546		326.4					99.5			
127	5 ส.ค. 2546			266.5					77.4		
128	6 ส.ค. 2546				154.8	62.76				38.9	73.17

ตารางที่ ข.30 การบำบัดซีโอดีและบีโอดีในแปลงธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน

วันที่ทดลอง	วันที่	ซีโอดี(mg/l)					บีโอดี(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
131	9 ส.ค. 2546	442.4					144.1				
133	11 ส.ค. 2546		400.7					125.6			
135	13 ส.ค. 2546	418.4		355.1			-		107.6		
136	14 ส.ค. 2546				311.2	29.66				94.6	34.35
138	16 ส.ค. 2546	413.6					-				
140	18 ส.ค. 2546		-		265.3	36.59		-		-	-
142	20 ส.ค. 2546	440.7		-			-		-		
143	21 ส.ค. 2546				220.4	46.71				-	-
145	23 ส.ค. 2546	391.5					135.2				
147	25 ส.ค. 2546		323.1		212.3	51.83		100.9		-	-
149	27 ส.ค. 2546	380.86		257.2			-		80.6		
150	28 ส.ค. 2546				194.5	50.32				53.6	60.36
152	30 ส.ค. 2546	422.3					-				
154	1 ก.ย. 2546		-		191.1	49.82		-		-	-
156	3 ก.ย. 2546	488.26		-			-		-		
157	4 ก.ย. 2546				223.6	47.05				-	-
159	6 ก.ย. 2546	413.28					139				
161	8 ก.ย. 2546		329.6		259.3	46.89		106.8		-	-

ตารางที่ ข.30 การบำบัดซีโอดีและบีโอดีในแปลงธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน -ต่อ-

วันที่	วันที่	ซีโอดี(mg/l)					บีโอดี(mg/l)				
ทดลอง		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
163	10 ก.ย. 2546	395.4		259.6			-		85.5		
164	11 ก.ย. 2546				198.5	51.97				57.6	58.56
166	13 ก.ย. 2546	397.8					-				
168	15 ก.ย. 2546		-		197.8	49.97		-		-	-
170	17 ก.ย. 2546	380.7		-			-		-		
171	18 ก.ย. 2546				195	50.98				-	-
173	20 ก.ย. 2546	417.1					132.1				
175	22 ก.ย. 2546		334.1		186.2	51.09		102.5		-	-
177	24 ก.ย. 2546	412.9		259.7			-		75.4		
178	25 ก.ย. 2546				209.7	49.72				51.1	61.32
180	27 ก.ย. 2546	468.2					-				
182	29 ก.ย. 2546		-		200	51.56		-		-	-
184	1 ต.ค. 2546	357.8		-			108.2		-		
185	2 ต.ค. 2546				211.8	54.76				-	-
186	3 ต.ค. 2546		272.6					79.4			
187	4 ต.ค. 2546	401.7					-				
188	5 ต.ค. 2546			217.7					67.42		
189	6 ต.ค. 2546		-		173.5	51.51		-		41.3	61.83
191	8 ต.ค. 2546	386.4		-			-		-		
192	9 ต.ค. 2546				198.8	50.51				-	-
194	11 ต.ค. 2546	428.3					-				
196	13 ต.ค. 2546		-		187.8	51.40		-		-	-
198	15 ต.ค. 2546	454.54		-			143.6		-		
199	16 ต.ค. 2546				206.7	51.74				-	-
200	17 ต.ค. 2546		364.1					109.3			
202	19 ต.ค. 2546			287.5					80.1		
203	20 ต.ค. 2546				225.8	50.32				52.11	63.71

ตารางที่ ข.31 ไนโตรเจนของน้ำในแปลงธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน

วันที่ทดลอง	วันที่	ออร์แกนิก-ไนโตรเจน(mg/l)					แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/l)					ไนไตรท์(mg/l)		ไนเตรท(mg/l)		ทีเคเอ็น(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
1	1 เม.ย. 2546	77.8					95.1					0.05		0.1		172.9				
3	3 เม.ย. 2546	100.2	66.6				92.3	89.6				0.015		0.108		192.5	156.2			
5	5 เม.ย. 2546		-	63.3				-	81.5								-	144.8		
6	6 เม.ย. 2546				58.3	25.064				77.4	18.612		0.005		0.266				135.7	21.515
8	8 เม.ย. 2546	56.6			75.9	24.251	123.1			73.2	20.693	0.005	0.006	0.171	0.4	179.7			149.1	22.545
10	10 เม.ย. 2546	59.2	-				118.9	-				0.022		0.079		178.1	-			
13	13 เม.ย. 2546				35.8	36.749				84.7	31.194		ND		ND				120.5	32.944
15	15 เม.ย. 2546	96.2			30.2	48.986	144.3			64.3	45.921	0.033	ND	0.08	0.215	240.5			94.5	46.94
17	17 เม.ย. 2546	88.8	67.3				192.4	134.6				0.088		0.106		281.2	201.9			
19	19 เม.ย. 2546		-	45.4				-	77.1								-	122.5		
20	20 เม.ย. 2546				41.4	56.965				66.7	53.777		0.051		0.215				108.1	55.052
22	22 เม.ย. 2546	57.7			33.7	62.05	115.3			95.6	50.312	0.09	0.143	0.1	0.312	173			129.3	54.018
24	24 เม.ย. 2546	62.2	-				141	-				ND		0.085		203.2	-			
27	27 เม.ย. 2546				21.3	63.085				52.9	54.12		0.1		ND				74.2	57.11
29	29 เม.ย. 2546	79.7			25.6	58.842	141.7			71.1	49.574	0.04	0.119	0.192	0.233	221.4			96.7	52.411
31	1 พ.ค. 2546	138.3	51.8				161.3	132.1				0.014		0.076		299.6	183.9			
33	3 พ.ค. 2546		-	39.2				-	78.6								-	117.8		
34	4 พ.ค. 2546				32.3	59.473				66.1	53.352		0.228		0.374				98.4	55.556

ตารางที่ ข.31 ไนโตรเจนของน้ำในแปลงธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	ออร์แกนิก-ไนโตรเจน(mg/l)					แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/l)					ไนไตรท์(mg/l)		ไนเตรท(mg/l)		ทีเคเอ็น(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
36	6 พ.ค. 2546	95.4			55.9	59.581	220.1			78.5	51.333	0.158	0.034	0.125	0.213	315.5			134.4	55.14
38	8 พ.ค. 2546	51.4	-				185	-				0.013		0.146		236.4	-			
41	11 พ.ค. 2546				38.4	59.748				105.6	52.022		0.23		0.387				144.0	54.358
43	13 พ.ค. 2546	118.5			20.1	60.895	154			92.84	49.816	0.01	0.024	0.107	0.341	272.5			112.9	52.225
45	15 พ.ค. 2546	82	71.4				193.3	146.1				ND		0.116		275.3	217.5			
47	17 พ.ค. 2546		-	57.9				-	86.4								-	144.3		
48	18 พ.ค. 2546				45.6	61.519				75.2	51.169		ND		0.289				120.8	55.67
50	20 พ.ค. 2546	51.3			32.9	59.878	224.6			99	48.784	0.012	0.011	0.089	0.359	275.9			131.9	52.089
52	22 พ.ค. 2546	153.5	-				218.2	-				0.001		0.081		371.7	-			
55	25 พ.ค. 2546				21.6	57.895				114.1	49.199		0.047		0.26				135.7	50.816
57	27 พ.ค. 2546	92			67.8	55.831	184			112	48.671	0.01	0.005	0.116	0.218	276			179.8	51.628
59	29 พ.ค. 2546		55.0					173.8									228.8			
61	31 พ.ค. 2546			47.6					109.5									157.1		
62	1 มิ.ย. 2546				38.7	57.935				93.4	49.239		0.04		0.56				132.1	52.138

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.32 ไนโตรเจนของน้ำในแปลงธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน

วันที่ทดลอง	วันที่	ออร์แกนิก-ไนโตรเจน(mg/l)					แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/l)					ไนไตรท์(mg/l)		ไนเตรท(mg/l)		ทีเคเอ็น(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
62	1 มิ.ย. 2546	145.3					218.0					0.021		0.075		363.3				
63	2 มิ.ย. 2546		131.3					208.4									339.7			
64	3 มิ.ย. 2546			128.4					177.5									305.9		
65	4 มิ.ย. 2546	105.8			121.6	16.311	162.0			165.4	24.128	0.02	0.053	0.080	0.143	267.8			287	21.002
68	7 มิ.ย. 2546				86.4	18.336				115.7	28.58		0.048		0.167				202.1	24.533
69	8 มิ.ย. 2546	116.4					174.0					0.15		0.441		290.4				
72	11 มิ.ย. 2546	74.76			92.4	20.619	112.0			117.45	32.5	0.04	0.374	0.824	0.342	186.8			209.85	27.738
75	14 มิ.ย. 2546				58.7	21.482				78.6	29.821		0.599		1.265				137.3	26.483
76	15 มิ.ย. 2546	111.2					168.0					0.23		0.357		279.2				
77	16 มิ.ย. 2546		97.5					166.2									263.7			
78	17 มิ.ย. 2546			93.8					128.1									221.9		
79	18 มิ.ย. 2546	127.1			82.7	44.817	184.0			116.9	30.417	ND	0.2	0.113	0.745	311.1			199.6	28.51
82	21 มิ.ย. 2546				94.7	25.492				128.8	30		0.364		0.197				223.5	28.158
83	22 มิ.ย. 2546	113.6					173.0					0.004		0.128		286.6				
86	25 มิ.ย. 2546	109.8			81.3	28.433	168.0			123	28.902	0.02	0.014	0.042	0.264	277.8			204.3	28.716
89	28 มิ.ย. 2546				79.8	27.322				118.6	29.405		0.058		0.087				198.4	28.582
90	29 มิ.ย. 2546	95.6					144.0					ND		0.061		239.6				
91	30 มิ.ย. 2546		81.1					136.5									217.6			

ตารางที่ ข.32 ไนโตรเจนของน้ำในแปลงธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	ออร์แกนิก-ไนโตรเจน(mg/l)					แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/l)					ไนไตรท์(mg/l)		ไนเตรท(mg/l)		ทีเคเอ็น(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
92	1 ก.ค. 2546			75.6					106.5									182.1		
100	9 ก.ค. 2546	95.4			60.5	36.715	143.0			88.96	38.222	ND	0.2	0.115	0.492	238.4			149.46	37.621
101	10 ก.ค. 2546		84.3					135.1									219.4			
102	11 ก.ค. 2546			77.8					106.7									184.5		
103	12 ก.ค. 2546				69.4	27.254				102.1	28.601		0.087		0.228				171.5	28.062
104	13 ก.ค. 2546	78.4					117.0					0.067		0.266		195.4				
107	16 ก.ค. 2546	107.1			55.1	29.719	166.0			80.26	31.402	0.004	0.188	0.034	0.492	273.1			135.36	30.727
110	19 ก.ค. 2546				78.1	27.077				119.8	27.831		0.001		0.081				197.9	27.536
111	20 ก.ค. 2546	16					24.0					ND		0.187		40.0				
114	23 ก.ค. 2546	127.2			5.4	66.25	184.0			16.92	29.5	ND	0.008	0.211	0.387	311.2			22.32	44.2
115	24 ก.ค. 2546		102.1					175.2									277.3			
116	25 ก.ค. 2546			90.5					133.9									224.4		
117	26 ก.ค. 2546				94.3	25.865				126.5	31.25		0.01		0.384				220.8	29.049
118	27 ก.ค. 2546	107.4					157.0					0.002		0.218		264.4				
121	30 ก.ค. 2546	123.7			76.5	28.771	190.0			106.7	32.038	0.034	0.009	0.244	0.377	313.7			183.2	30.711
124	2 ส.ค. 2546				88.7	28.294				136	28.421		0.087		0.493				224.7	28.371
125	3 ส.ค. 2546	146.7					219.0					0.119		0.751		365.7				
126	4 ส.ค. 2546		124.3					202.5									326.8			
127	5 ส.ค. 2546			106.1					156.8									262.9		
128	6 ส.ค. 2546				107	27.062				150	31.507		0.217		0.987				257	29.724

ตารางที่ ข.33 ไนโตรเจนของน้ำในแปลงธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน

วันที่ทดลอง	วันที่	ออร์แกนิก-ไนโตรเจน(mg/l)					แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/l)					ไนไตรท์(mg/l)		ไนเตรท(mg/l)		ทีเคเอ็น(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
131	9 ส.ค. 2546	85.6	83.2	76.8			216.0	207.1	197.9			0.002		0.01		301.6	290.3	274.7		
132	10 ส.ค. 2546				74.6	12.85				187.7	13.102		0.005		0.019				262.3	13.031
135	13 ส.ค. 2546	79.6	-	-			188.0	-	-			ND		ND		267.6	-	-		
136	14 ส.ค. 2546				67.7	14.95				156.7	16.649		0.004		0.079				224.4	16.143
138	16 ส.ค. 2546	78.4	-	-			218.0	-	-			0.01		0.028		296.4	-	-		
139	17 ส.ค. 2546				65.4	16.582				174.3	20.046		0.0187		0.044				239.7	19.13
142	20 ส.ค. 2546	68.14	-	-			166.0	-	-			ND		0.15		234.1	-	-		
143	21 ส.ค. 2546				57.8	15.175				132.8	20		0.005		0.212				190.6	18.596
145	23 ส.ค. 2546	78.3	73.9	69.2			174.0	161.3	150.8			0.02		0.053		252.3	235.2	220		
146	24 ส.ค. 2546				64	18.263				139.5	19.828		0.045		0.09				203.5	19.342
149	27 ส.ค. 2546	46.81	-	-			114.0	-	-			0.3		nd		160.8	-	-		
150	28 ส.ค. 2546				39.7	15.189				137.9	-20.96		0.66		0.054				177.6	-10.44
152	30 ส.ค. 2546	65.92	-	-			169.0	-	-			0.008		0.009		234.9	-	-		
153	31 ส.ค. 2546				55.7	15.504				136.2	19.408		0.011		0.014				191.9	18.313
156	3 ก.ย. 2546	64.71	-	-			182.0	-	-			0.089		0.227		246.7	-	-		
157	4 ก.ย. 2546				54.4	15.933				145.4	20.11		0.187		0.361				199.8	19.014
159	6 ก.ย. 2546	68.88	65.15	59.3			174.0	162.7	151.5			0.1		0.265		242.9	227.9	210.8		
160	7 ก.ย. 2546				57.6	16.376				140.2	19.425		0.228		0.424				197.8	18.561
163	10 ก.ย. 2546	65.9	-	-			169.0	-	-			ND		0.023		234.9	-	-		

ตารางที่ ข.33 ไนโตรเจนของน้ำในแปลงธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	ออร์แกนิก-ไนโตรเจน(mg/l)					แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/l)					ไนไตรท์(mg/l)		ไนเตรท(mg/l)		ทีเคเอ็น(mg/l)				
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.
164	11 ก.ย. 2546				56.15	14.795				132.5	21.598		0.01		0.031				188.65	19.689
166	13 ก.ย. 2546	66.3	-	-			188.0	-	-			0.008		0.029		254.3	-	-		
167	14 ก.ย. 2546				55.95	15.611				151.2	19.574		0.014		0.041				207.15	18.541
170	17 ก.ย. 2546	40.1	-	-			95.0	-	-			ND		nd		135.1	-	-		
171	18 ก.ย. 2546				34.5	13.965				77.6	18.316		0.005		0.034				112.1	17.024
173	20 ก.ย. 2546	45.3	42.8	39.44			125.0	117.5	109.3			0.001		0.006		170.3	160.3	148.7		
174	21 ก.ย. 2546				37	18.322				101.1	19.12		0.004		0.009				138.1	18.908
177	24 ก.ย. 2546	44.7	-	-			118.0	-	-			0.002		0.005		162.7	-	-		
178	25 ก.ย. 2546				38.05	14.877				93.3	20.932		0.007		0.008				131.35	19.269
180	27 ก.ย. 2546	52.6	-	-			141.0	-	-			ND		0.013		193.6	-	-		
181	28 ก.ย. 2546				44.4	15.589				112.3	20.355		0.009		0.019				156.7	19.06
184	1 ต.ค. 2546	76.3	71.94	67.42			198.0	185.3	172.2			0.237		0.61		274.3	257.2	239.6		
185	2 ต.ค. 2546				63.5	16.776				159.3	19.545		0.485		0.975				222.8	18.775
187	4 ต.ค. 2546	43.1	-	-			123.0	-	-			0.001		0.004		166.1	-	-		
188	5 ต.ค. 2546				35.36	17.958				98.4	20		0.002		0.006				133.76	19.47
191	8 ต.ค. 2546	55.2	-	-			141.0	-	-			0.003		0.008		196.2	-	-		
192	9 ต.ค. 2546				46.88	15.072				111.1	21.206		0.006		0.013				157.98	19.48
194	11 ต.ค. 2546	46.9	-	-			116.0	-	-			ND		0.007		162.9	-	-		
195	12 ต.ค. 2546				38.65	17.591				92.92	19.897		0.004		0.01				131.57	19.233
198	15 ต.ค. 2546	62.22	59.21	55.8			167.0	155.2	143.2			0.003		0.009		229.2	214.4	199		
199	16 ต.ค. 2546				52.11	16.249				131.26	21.401		0.007		0.013				183.37	20.003

ตารางที่ ข.34 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในแปลงธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
1	1 เม.ย. 2546	114.07					138					2.20E+06		
3	3 เม.ย. 2546	38.02	106.4				182	101				-		
5	5 เม.ย. 2546		-	102.3				-	84					
6	6 เม.ย. 2546				105.10	7.86				65	52.90		800	99.96
8	8 เม.ย. 2546	247.15			30.80	18.99	156			68	62.64	-	-	-
10	10 เม.ย. 2546	214	-				133	-				-		
13	13 เม.ย. 2546				178.50	27.78				40	74.36		-	-
15	15 เม.ย. 2546	21.29			157.30	26.50	164			12	90.98	1.60E+06	-	-
17	17 เม.ย. 2546	174	26.1				146	87				-		
19	19 เม.ย. 2546		-	24.5				-	55					
20	20 เม.ย. 2546				29.20	-37.15				13	92.07		600	99.96
22	22 เม.ย. 2546	15.9			128.30	26.26	135			12	91.78	-	-	-
24	24 เม.ย. 2546	330.8	-				157	-				-		
27	27 เม.ย. 2546				16.70	-5.03				9	93.33		-	-
29	29 เม.ย. 2546	243.8			241.70	26.93	169			17	89.17	1.80E+06	-	-
31	1 พ.ค. 2546	131.8	211.7				112	85				-		
33	3 พ.ค. 2546		-	196.5				-	45					

ตารางที่ ข.34 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในแปลงธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 5 วัน -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
34	4 พ.ค. 2546				173.20	28.96				10	93.96		800	99.96
36	6 พ.ค. 2546	16.16			95.30	27.69	145			9	91.96	-	-	-
38	8 พ.ค. 2546	278.25	-				228	-				-		
41	11 พ.ค. 2546				12.70	21.41				11	92.41		-	-
43	13 พ.ค. 2546	267.1			204.50	26.50	240			16	92.98	3.50E+06	-	-
45	15 พ.ค. 2546	303.23	235.1				175	130				-		
47	17 พ.ค. 2546		-	197.1				-	66					
48	18 พ.ค. 2546				198.20	25.80				17	93.13		900	99.97
50	20 พ.ค. 2546	211.5			221.50	26.95	188			14	92.00	-	-	-
52	22 พ.ค. 2546	187.6	-				143	-				-		
55	25 พ.ค. 2546				158.00	25.30				17	90.96		-	-
57	27 พ.ค. 2546	349.81			135.60	27.72	208			12	91.61	2.90E+06	-	-
59	29 พ.ค. 2546		309.1					121						
61	31 พ.ค. 2546			276.4					67					
62	1 มิ.ย. 2546				256.40	26.70				20	90.38		700	99.98

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.35 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในแปลงธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
62	1 มิ.ย. 2546	318.7					183					1.70E+06		
63	2 มิ.ย. 2546		308.1					126						
64	3 มิ.ย. 2546			304.8					99					
65	4 มิ.ย. 2546	203.5			300.3	5.77	172			86	53.01	-	800	99.95
68	7 มิ.ย. 2546				185.8	8.70				62	63.95		-	-
69	8 มิ.ย. 2546	26.2					144					-		
72	11 มิ.ย. 2546	188.6			29.6	-12.98	175			35	75.69	-	-	-
75	14 มิ.ย. 2546				168.2	10.82				23	86.86		-	-
76	15 มิ.ย. 2546	244.7					132					1.40E+06		
77	16 มิ.ย. 2546		234.1					107						
78	17 มิ.ย. 2546			220.6					72					
79	18 มิ.ย. 2546	117.8			220.4	9.93	139			30	77.27	-	700	99.95
82	21 มิ.ย. 2546				104.3	11.46				28	79.86		-	-
83	22 มิ.ย. 2546	219.0					153					-		
86	25 มิ.ย. 2546	324.4			195.9	10.55	127			27	82.35	-	-	-
89	28 มิ.ย. 2546				295	9.06				31	75.59		-	-
90	29 มิ.ย. 2546	194.3					212					2.20E+06		
91	30 มิ.ย. 2546		184.5					125						
92	1 ก.ค. 2546			179.2					68					

ตารางที่ ข.35 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในแปลงธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
93	2 ก.ค. 2546	145.8			174.1	10.40	121			35	83.49	-	900	99.96
96	5 ก.ค. 2546				128.7	11.73				21	82.64		-	-
97	6 ก.ค. 2546	227.0					143					-		
100	9 ก.ค. 2546	280.9			203.2	10.48	165			22	84.62	2.00E+06	-	-
101	10 ก.ค. 2546		259.8					110						
102	11 ก.ค. 2546			251.1					90					
103	12 ก.ค. 2546				248.1	11.68				47	71.52		700	99.97
104	13 ก.ค. 2546	43.2					142					-		
107	16 ก.ค. 2546	279.4			44	-1.85	158			18	87.32	-	-	-
110	19 ก.ค. 2546				246.4	11.81				22	86.08		-	-
111	20 ก.ค. 2546	234.5					187					-		
114	23 ก.ค. 2546	214.6			209.5	10.66	136			36	80.75	2.80E+06	-	-
115	24 ก.ค. 2546		200					191						
116	25 ก.ค. 2546			193.6					66					
117	26 ก.ค. 2546				189.5	11.70				24	82.35		1000	99.96

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.35 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในแปลงธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 3 วัน -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
118	27 ก.ค. 2546	306.3					200					-		
121	30 ก.ค. 2546	101.6			275.3	10.12	126			30	85.00	-	-	-
124	2 ส.ค. 2546				106.8	-5.12				24	80.95		-	-
125	3 ส.ค. 2546	19.3					187					1.80E+06		
126	4 ส.ค. 2546		32.1					115						
127	5 ส.ค. 2546			29.8					76					
128	6 ส.ค. 2546				34.1	-76.68				27	85.56		700	99.96

ตารางที่ข.36 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในแปลงธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
131	9 ส.ค. 2546	286.4	274.7	268.7			164	134	110			2.60E+06		
132	10 ส.ค. 2546				280.6	2.03				90	45.12		67000	97.42
135	13 ส.ค. 2546	214.4	-	-			158	-	-			-		
136	14 ส.ค. 2546				202.8	5.41				65.0	58.86		-	-
138	16 ส.ค. 2546	313.6	-	-			177	-	-			-		

ตารางที่ข.36 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในแปลงธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
139	17 ส.ค. 2546				289.1	7.81				58.0	67.23		-	-
142	20 ส.ค. 2546	144.3	-	-			156	-	-			-		
143	21 ส.ค. 2546				131.5	8.87				40.0	74.36		-	-
145	23 ส.ค. 2546	346.5	332.6	322.8			135	101	76			1.60E+06		
146	24 ส.ค. 2546				318.9	7.97				39	71.11		35000	97.81
149	27 ส.ค. 2546	36.6	-	-			141	-	-			-		
150	28 ส.ค. 2546				36	1.64				42.0	70.21		-	-
152	30 ส.ค. 2546	325.1	-	-			188	-	-			-		
153	31 ส.ค. 2546				300.6	7.54				58.0	69.15		-	-
156	3 ก.ย. 2546	316	-	-			210	-	-			-		
157	4 ก.ย. 2546				289.8	8.29				66.0	68.57		-	-
159	6 ก.ย. 2546	350.8	339.2	326.6			198	116	90			1.80E+06		
160	7 ก.ย. 2546				323.5	7.78				57	71.21		14400	99.20
163	10 ก.ย. 2546	199.7	-	-			155	-	-			-		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ข.36 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในแปลงธูปฤาษีภาระระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน -ต่อ-

วันที่	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
ทดลอง		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
164	11 ก.ย. 2546				184.8	7.46				43.0	72.26		-	-
165	12 ก.ย. 2546													
166	13 ก.ย. 2546	316.6	-	-			173	-	-			-		
167	14 ก.ย. 2546				291.1	8.05				51.0	70.52		-	-
170	17 ก.ย. 2546	305.6	-	-			171	-	-			-		
171	18 ก.ย. 2546				280	8.38				55.0	67.84		-	-
173	20 ก.ย. 2546	118.6	116.4	110.7			168	106	79			1.60E+06		
174	21 ก.ย. 2546				109.6	7.59				51	69.64		11000	99.31
177	24 ก.ย. 2546	42	-	-			188	-	-			-		
178	25 ก.ย. 2546				40.1	4.52				56.0	70.21		-	-
180	27 ก.ย. 2546	226.8	-	-			220	-	-			-		
181	28 ก.ย. 2546				211.8	6.61				69.0	68.64		-	-
184	1 ต.ค. 2546	321.3	317.8	299.7			128	83	73			2.30E+06		
185	2 ต.ค. 2546				296.2	7.81				38	70.31		13000	99.43
187	4 ต.ค. 2546	284.7	-	-			175	-	-			-		

ตารางที่ ข.36 การบำบัดฟอสฟอรัส ของแข็งแขวนลอยและโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดในแปลงธูปฤาษีระยะเวลาเก็บกัก 1 วัน -ต่อ-

วันที่ทดลอง	วันที่	Phosphorus(mg/l)					SS(mg/l)					Total coliform(MPN/100ml)		
		น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	จุดเก็บ1	จุดเก็บ2	น้ำออก	eff.	น้ำเข้า	น้ำออก	eff.
188	5 ต.ค. 2546				260.2	8.61				56.0	68.00		-	-
191	8 ต.ค. 2546	130.6	-	-			153	-	-			-		
192	9 ต.ค. 2546				118.5	9.26				43.0	71.90		-	-
194	11 ต.ค. 2546	116.4	-	-			206	-	-			-		
195	12 ต.ค. 2546				104	10.65				63.0	69.42		-	-
198	15 ต.ค. 2546	299.6	284.5	287.5			200	120	81			2.20E+07		
199	16 ต.ค. 2546				285.4	4.74				55	72.50		15600	99.93

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสุภสิริ กุลวิทิต เกิดวันที่ 29 มกราคม พ.ศ. 2508 ที่จังหวัดอุดรธานี จบการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีการศึกษา 2530 และในปีการศึกษา 2543 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จนกระทั่งสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2546

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย