การศึกษาเบื้องต้นของการกำจัดน้ำเสียโดยใช้ผักตบชวา

นายศานิต ชัชวาลย์

004983

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิศวกรรมสุขภิบาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๒๐

I 17434816

PRELIMINARY STUDY OF WASTE TREATMENT BY WATER HYACINIH

Mr. Sanit Chujaval

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirments for

the Degree of Master of Engineering

Department of Sanitary Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1977

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเบื้องต้นของการกำจัดน้ำเสียโดยใช้ผักตบชวา
โดย	นายศานิต ชัชวาลย์
แผนกวิชา	วิศวกรรมสุขาภิบาล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพพรรณ พรประภา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.วิษิษฐ์ ประจวบเหมาะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ เศรษฐมานิต)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วีรวรรณ ปัทมาภิรัต)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทวี จิตไมตรี)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาเบื้องต้นของการกำจัดน้ำเสียโดยใช้ผักตบชวา

ชื่อนิสิต นายศานิต ชัชวาลย์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพพรรณ พรประภา

แผนกวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา ๒๕๒๐

เอื้อมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ในการกำจัดน้ำเสียนั้นมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน ในแต่ละวิธีอาจจะเหมาะสำหรับภูมิประเทศหนึ่ง ๆ ในการที่จะดำเนินการให้ได้ผลในเบื้องต้น เราจะต้องทำการศึกษาและทดลองเสียก่อน สำหรับในการทดลองครั้งนี้โดยนำผักตบชวามาช่วยในการกำจัดน้ำเสีย ซึ่งปรากฏผลการทดลองดังนี้

ความสามารถในการระเหยของน้ำปกติ เป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ ๐.๖๓ ซม./๐.๓๖ ม.^{2}/วัน และที่มีผักตบชวาปกคลุมระเหยได้เท่ากับ ๓.๖๕ ซม./๐.๓๖ ม.^{2}/วัน ค่าเฉลี่ยการระเหยเป็นอัตราส่วนน้ำกับผักตบชวาเท่ากับ ๑ ต่อ ๕.๘ หรือผักตบชวาระเหยน้ำได้เป็น ๕.๘ เท่าของการระเหยน้ำที่ไม่มีผักตบชวาปกคลุม และพบว่าค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์กับการระเหยของน้ำ คือถ้าค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ การระเหยของน้ำจะสูงขึ้น และค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์สูง การระเหยของน้ำจะต่ำลง

ความสามารถในการลด ซีโอดี. จากการทดลองใช้บ่อหมัก ๖ บ่อ ๓ ความเข้มข้น ปรากฏว่าบ่อหมักที่มีผักตบชวาปกคลุมสามารถลดค่า ซีโอดี. ได้ดีกว่าบ่อหมักที่ไม่มีผักตบชวาปกคลุมทุก ๆ ความเข้มข้น และสำหรับในการลดค่า บีโอดี. จากการทดลองในจำนวนบ่อหมัก ๖ บ่อ ๓ ความเข้มข้น บ่อหมักที่มีผักตบชวาปกคลุมสามารถลดค่า บีโอดี. ได้ดีกว่าบ่อหมักที่ไม่มีผักตบชวาปกคลุมทุก ๆ ความเข้มข้นเช่นกัน

ความสามารถในการใช้ไนโตรเจน บ่อทดลองจำนวน ๖ บ่อ ๓ ความเข้มข้น ปรากฏว่า บ่อหมักที่มีผักตบชวาสามารถลดได้ดีกว่าบ่อหมักที่ไม่มีผักตบชวาทุก ๆ ความเข้มข้น แต่บ่อ

หมักที่ใส่ความเข้มข้นสูงขึ้น ความสามารถในการใช้ไนโตรเจนจะลดลง ความสามารถในการใช้ฟอสฟอรัสจากบ่อทดลอง ๖ บ่อ ๓ ความเข้มข้น พบว่า บ่อหมักที่มีผักตบชวาปกคลุมสามารถใช้ฟอสฟอรัสมากกว่าบ่อหมักที่ไม่มีผักตบชวาปกคลุมเช่นกัน

จากประสบการณ์ในการทดลอง พบว่า น้ำเสียของน้ำตาล ในการกำจัดด้วยบ่อหมักจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดได้ผลดีต่อความเข้มข้น ซีโอดี. ไม่เกินประมาณ ๔๐๐ มก./ล. และถ้าค่า ซีโอดี. สูงกว่านี้จะเกิดการสะสม ซีโอดี. ขึ้นเรื่อย ๆ พร้อมทั้งค่า พีเอช. จะลดลงด้วย ถึงจะเติมปูนขาวลงไปในจำนวนมากเกินพอ และเมื่อค่าสะสม ซีโอดี. สูงประมาณ ๒๖๐๐ มก./ล. ใบผักตบชวาที่ปกคลุมบ่อหมักจะเริ่มแห้งเหี่ยวลง

จึงพอสรุปได้ว่า ผักตบชวาสามารถช่วยการระเหยน้ำได้ดี และสามารถกำจัด ซีโอดี. บีโอดี. รวมทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ อันพอจะเป็นแนวทางนำไปประยุกต์ใช้ในการกำจัดน้ำเสียได้ต่อไป

Thesis Title	Preliminary Study of Waste Treatment by Water Hyacinth
Name	Mr. SANIT CHUJAVAL
Thesis Advisor	Ass. Prof. PAIPAN PHORNPRAPHA
Department	Sanitary Engineering
Academic Year	1977

ABSTRACT

There are many processes of waste treatment and each process may be successful for each community. In the successful primary operation, it should be studied in small scale. In the experiment, it was found that the water hyacinth plays a part in waste water treatment.

From results of the study was found that the average normal transpiration of water was 0.63 cm/0.36 m^2/day and the water with water hyacinth covering was 3.65 cm/0.36 m^2/day. The ratio of transpiration was 1 : 5.8 or the water with water hyacinth transpirated 5.8 times the amount of water without it. Also, the average humidity was related to the transpiration of water. The average humidity was inversely related to the transpiration value.

The reduction of COD in six ponds with 3 different concentrations of waste, the water with water hyacinth reduce COD better than in every pond without water hyacinth. The same behavior was found in the reduction of BOD.

There were studies of utilization of Nitrogen in six ponds with 3 different concentrations of COD. It was found that more nitrogen was utilized in water covered with water hyacinth than in other ponds without the weed in every concentration, but the pond with high concentration of COD will use less nitrogen than those with low concentration ones. Also in the utilizing of phosphorus, it was found the same.

In case of applied sugar waste, it is successful to treat sugar waste with COD not more than 400 mg/l to the pond with water hyacinth but for the higher concentration of above this value, the accumulated COD would result and pH was decreased even enough lime was added. The water hyacinth began to fade when the accumulated COD reached 2600 mg/l

It is shown that the water hyacinth can take part in the reduction of COD, BOD, nitrogen and phosphorus in the waste. The auther hopes that this experiment will be helpful to others as they continue to study the process of waste disposal.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าผู้จัดทำการทดลองและวิจัย ขอขอบคุณ อาจารย์ไพพรรณ พรประภา ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมการทดลองและวิจัย ท่านได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือทางวิชาการเป็นอย่างดี จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

อนึ่ง สำหรับผู้ที่มีส่วนช่วยเหลือให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ คือ

- อาจารย์มั่นสิน ตันทุลเวศม์
- อาจารย์วีรวรรณ ปัทมาภิรัต
- อาจารย์ประภรณ์ จารุจันทร์
- คณะเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม กองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย
- บรรณารักษ์และเจ้าหน้าที่ห้องสมุดกรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม
- บรรณารักษ์และเจ้าหน้าที่ห้องสมุดสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์ แห่งประเทศไทย
- บรรณารักษ์และเจ้าหน้าที่ห้องสมุดบหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ
- คุณสุรชาติ สุริยะโชติ
- คุณทรงศักดิ์ ศรีทุมมา
- คุณพลับพลึง จินนิกร
- และอีกหลายท่านที่ข้าพเจ้ามิได้กล่าวมาในที่นี้ ที่ได้ให้ความสนับสนุนอนุเคราะห์ช่วยเหลือให้งานทดลองและวิจัยได้ประสบผลสำเร็จอย่างสมบูรณ์ ข้าพเจ้าจึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ช
รายการตารางประกอบ	ฑ
รายการรูปประกอบ	ด
บทที่	
๑ บทนำ	
๑.๑ กล่าวโดยทั่วไป	๑
๑.๒ ความรู้เกี่ยวกับผักตบชวา	๒
๑.๓ จุดประสงค์ของการวิจัย	๔
๑.๔ ขอบเขตการวิจัย	๔
๒ ประวัติการทดลอง	๖
๒.๑ การทดลองโดยใช้ผักตบชวาในการกำจัดน้ำทิ้งแบบบ่อหมัก	๖
๒.๒ การศึกษาเรื่องการปลูกผักตบชวาในบ่อผึ่ง เพื่อกำจัดน้ำเสียจากน้ำตาลและน้ำทิ้งจากถังเกรอะ	๑๓
๒.๓ การกำจัดสารอาหารโดยใช้ผักตบชวา	๑๘
๒.๔ การทดลองและรวบรวมรายงานเกี่ยวกับการระเหยของน้ำโดยใช้ผักตบชวา	๒๒
๒.๕ รายงานความก้าวหน้าเกี่ยวกับการระเหยกลายเป็นไอโดยพืชน้ำเขตร้อนบางชนิด	๒๕

หน้า

บทที่

๓ ทฤษฎี ๒๗

๓.๑ ขบวนการกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อ๊อกซิเจน ๓๐

๓.๑.๑ ระบบบ่อหมัก ๓๐

๓.๑.๒ ระบบถังหมักธรรมดา ๓๑

๓.๑.๓ ระบบ Anaerobic contact ๓๓

๓.๑.๔ ระบบ Anaerobic filter ๓๔

๓.๒ จุลชีววิทยาและชีวเคมี ๓๖

๓.๒.๑ แบบคทีเรีย ๓๖

๓.๒.๒ จุลินทรีย์ในระบบกำจัดแบบไม่ใช้อ๊อกซิเจน ๔๑

๓.๒.๓ ปฏิกริยาทางชีวเคมีในระบบการกำจัดแบบไม่ใช้อ๊อกซิเจน ๔๓

๓.๒.๓.๑ Liquefaction and gasification ๔๓

๓.๒.๓.๒ การย่อยสลายของคาร์โบไฮเดรท ๔๖

๓.๒.๓.๓ การย่อยสลายของไขมัน ๔๘

๓.๒.๓.๔ การย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจน ๔๘

๓.๒.๓.๕ การย่อยสลายมีเธน ๕๐

๓.๒.๓.๖ ตัวกลางกรดโวแลไทด์ ๕๑

๓.๒.๓.๗ การย่อยสลายของน้ำเสีย ๕๓

๓.๒.๓.๘ การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบไม่ใช้อ๊อกซิเจน ๕๕

๓.๓ สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมและการควบคุม ๕๖

๓.๓.๑ อุณหภูมิที่เหมาะสม ๕๖

๓.๓.๒ สารอาหารที่จำเป็นสำหรับแบคทีเรียในระบบกำจัดแบบไม่ใช้อ๊อกซิเจน ๖๐

หน้า

บทที่

๓.๓.๓ พีเอช. ที่เหมาะสม ๖๐

๓.๓.๔ สารเป็นพิษ ๖๐

๓.๓.๕ ตัวชี้บอกของการกำจัดที่ไม่สมดุลย์ ๖๑

๓.๓.๖ สาเหตุและการควบคุมการกำจัดที่ไม่สมดุลย์ ๖๑

๓.๓.๗ การควบคุม พีเอช. ๖๓

๓.๓.๘ การควบคุมสารพิษ ๖๘

๓.๓.๘.๑ พิษของกรดโวแลไทล์ ๗๐

๓.๓.๘.๒ พิษของเกลืออนินทรีย์ ๗๐

๓.๓.๘.๓ พิษของโลหะหนัก ๗๒

๓.๓.๘.๔ พิษของแก๊สบางชนิด ๗๕

๓.๓.๘.๕ พิษของสารอินทรีย์ ๗๗

๔ วิธีการทดลองและวิจัย ๗๘

๔.๑ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและวิจัย ๗๘

๔.๑.๑ บ่อหมักสำหรับใช้ทดลอง ๗๘

๔.๑.๒ ถังบรรจุน้ำเสียและส่วนประกอบในการใส่น้ำเสีย ๘๐

๔.๑.๓ ถังรับน้ำเสีย ๘๐

๔.๒ น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง ๘๑

๔.๓ แผนการทดลอง ๘๑

๔.๓.๑ ตัวแปรอิสระ ๘๓

๔.๓.๒ ตัวแปรตาม ๘๓

๔.๔ การเก็บผล, การเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง ๘๔

หน้า

บทที่

๕ ผลการทดลอง ๘๕

๕.๑ การทดลองและศึกษาการระเหยของน้ำที่มีผักตบชวาปกคลุม ๘๕

๕.๑.๑ เปรียบเทียบการระเหยของน้ำที่ไม่มีผักตบชวาปกคลุม กับการระเหยของน้ำที่มีผักตบชวาปกคลุม ๘๕

๕.๑.๒ อิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ต่อการระเหยของน้ำ ๘๖

๕.๑.๓ อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อการระเหยของน้ำ ๘๖

๕.๒ การศึกษาทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของบ่อหมักที่มีผักตบชวาปกคลุม และที่ไม่มีผักตบชวาปกคลุม ๙๑

๕.๒.๑ การเริ่มเลี้ยงแบคทีเรีย ๙๑

๕.๒.๒ ประสิทธิภาพในการลดค่า ซีโอดี. ของน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นของบ่อหมักที่ ๑ และ ๒ ๙๒

๕.๒.๓ ประสิทธิภาพในการลดค่า ซีโอดี. ของน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นของบ่อหมักที่ ๓ และ ๔ ๙๒

๕.๒.๔ ประสิทธิภาพในการลดค่า ซีโอดี. ของน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นของบ่อหมักที่ ๕ และ ๖ ๙๖

๕.๒.๕ ประสิทธิภาพในดารลดค่า บีโอดี. ของน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นของบ่อหมักที่ ๑ และ ๒ ๙๖

๕.๒.๖ ประสิทธิภาพในการลดค่า บีโอดี. ของน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นของบ่อหมักที่ ๓ และ ๔ ๙๖

๕.๒.๗ ประสิทธิภาพในการลดค่า บีโอดี. ของน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นของบ่อหมักที่ ๕ และ ๖ ๑๐๐

๕.๒.๘ ผลการใช้ไนโตรเจนในการกำจัดน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นของบ่อหมักที่ ๑ และ ๒ ๑๐๐

หน้า

บทที่

๕.๒.๙ ผลการใช้ไนโตรเจนในการกำจัดน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นของบ่อหมักที่ ๓ และ ๔ ๑๐๐

๕.๒.๑๐ ผลการใช้ไนโตรเจนในการกำจัดน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นของบ่อหมักที่ ๕ และ ๖ ๑๐๔

๕.๒.๑๑ ผลการใช้ฟอสฟอรัสในการกำจัดน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นของบ่อหมักที่ ๑ และ ๒ ๑๐๔

๕.๒.๑๒ ผลการใช้ฟอสฟอรัสในการกำจัดน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นของบ่อหมักที่ ๓ และ ๔ ๑๐๔

๕.๒.๑๓ ผลการใช้ฟอสฟอรัสในการกำจัดน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นของบ่อหมักที่ ๕ และ ๖ ๑๐๘

๕.๒.๑๔ การเปลี่ยนแปลงค่า พีเอช. ในการกำจัดน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นของบ่อหมักที่ ๑,๒,๓ ๔,๕ และ ๖ ๑๐๘

๕.๒.๑๕ การเปลี่ยนแปลงสภาพความเป็นด่างในการกำจัดน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นของบ่อหมักที่ ๑,๒,๓,๔,๕ และ ๖ ๑๑๒

๖ สรุปผลการทดลอง ๑๑๘

๖.๑ การทดลองการระเหยของน้ำในบ่อที่ไม่มีผักตบชวาปกคลุมและในบ่อที่มีผักตบชวาปกคลุม ๑๑๘

๖.๒ ความสามารถในการลดค่า ซีโอดี. ๑๑๘

๖.๓ ความสามารถในการลดค่า บีโอดี. ๑๑๙

๖.๔ ความสามารถในการใช้ไนโตรเจน ๑๑๙

๖.๕ ความสามารถในการใช้ฟอสฟอรัส ๑๒๐

๖.๖ ความสำคัญทางด้านวิศวกรรม ๑๒๑

หน้า

บทที่

๖.๗ ข้อดีของการกำจัดน้ำเสียแบบบ่อหมักที่มีผักตบชวาปกคลุม ๑๒๑

๖.๘ ข้อเสียของการกำจัดน้ำเสียแบบบ่อหมักที่มีผักตบชวาปกคลุม ๑๒๒

๖.๙ ข้อเสนอแนะสำหรับการทำการทดลองและวิจัยที่น่าจะทำต่อไป ๑๒๒

บรรณานุกรม ๑๒๓

ภาคผนวก ๑๒๖

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
1	Mean concentration of various constituents on a dry-weight basis, present in freshly harvested water hyacinth.	3
2	Record of water hyacinth plants harvested from anaerobic-lagoon, supernatant treament pools during the summer of 1970.	7
3	Nitrogen balance on four water-hyacinth pools for the treatment of anaerobic-lagoon effluent, Ames, Iowa. June 1. to Oct. 10, 1970.	8
4	Chemical-Oxygen-Demand balance on four water-hyacinth pools for the treatment of anaerobic-lagoon effluent, Ames, Iowa. June 1. to Oct. 10, 1970.	9
5	Phosphate balance on four water-hyacinth pools for the treatment of anaerobic-lagoon effluent. Ames. Iowa. June 1 to Oct. 10, 1970.	12
6	Effect of water hyacinth on Digested sugar wastes.	14
7	Effect of water hyacinth on septic tank effluent.	15
8	Summary of algal and aquatic plant studies.	21
9	การเปรียบเทียบความชื้น, อากาศ, อุณหภูมิ และรังสีของการระเหยกลายเป็นไอของผักตบชวา	23
10	การวิเคราะห์น้ำในการศึกษาการระเหยกลายเป็นไอในขั้นสุดท้าย	24
11	Advantage of anaerobic treatment	29

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	ข้อดีข้อเสียของระบบกำจัดแบบใช้อ๊อกซิเจน และไม่ใช้อ๊อกซเจน	30
13	Methods of predicting methane production.	54
14	Optimum conditions for anaerobic treatment.	58
15	Indicators of unbalances treatment.	62
16	Step to follow in controlling unbalance.	62
17	Possible methods to control toxic materials.	71
18	Stimulatory and inhibitory concentration of alkali and alkali earth cations	71
19	ผลของ Ammonia-Nitrogen ต่อระบบการกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อ๊อกซิเจน	76
20	ส่วนประกอบของน้ำเสียเทียม	82
21	ความเข้มข้นของน้ำเสีย ระยะเวลาการกักน้ำเสีย (HRT) และ Organic loading ที่ใส่ในบ่อหมักทดลอง	82
22	แสดงผลการระเหยของน้ำที่มีผักตบชวาปกคลุมและน้ำที่ไม่มีผักตบชวาปกคลุมและความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ	127
23	ประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี. ของบ่อหมักที่ ๑ ไม่มีผักตบชวาปกคลุม และบ่อหมักที่ ๒ มีผักตบชวาปกคลุม	132
24	ประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี. ของบ่อหมักที่ ๓ ไม่มีผักตบชวาปกคลุม และบ่อหมักที่ ๔ มีผักตบชวาปกคลุม	134
25	ประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี. ของบ่อหมักที่ ๕ ไม่มีผักตบชวาปกคลุม และบ่อหมักที่ ๖ มีผักตบชวาปกคลุม	136

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
26	ประสิทธิภาพการกำจัด บีโอดี. ในบ่อหมักที่ ๑ ไม่มีผักตบชวาปกคลุม และบ่อหมักที่ ๒ มีผักตบชวาปกคลุม	138
27	ประสิทธิภาพการกำจัด บีโอดี. ในบ่อหมักที่ ๓ ไม่มีผักตบชวาปกคลุม และบ่อหมักที่ ๔ มีผักตบชวาปกคลุม	140
28	ประสิทธิภาพการกำจัด บีโอดี. ในบ่อหมักที่ ๕ ไม่มีผักตบชวาปกคลุม และบ่อหมักที่ ๖ มีผักตบชวาปกคลุม	142
29	ประสิทธิภาพในการใช้ไนโตรเจนของบ่อหมักที่ ๑ ไม่มีผักตบชวาปกคลุม และบ่อหมักที่ ๒ มีผักตบชวาปกคลุม	144
30	ประสิทธิภาพในการใช้ไนโตรเจนของบ่อหมักที่ ๓ ไม่มีผักตบชวาปกคลุม และบ่อหมักที่ ๔ มีผักตบชวาปกคลุม	146
31	ประสิทธิภาพในการใช้ไนโตรเจนของบ่อหมักที่ ๕ ไม่มีผักตบชวาปกคลุม และบ่อหมักที่ ๖ มีผักตบชวาปกคลุม	148
32	ประสิทธิภาพในการใช้ฟอสฟอรัสของบ่อหมักที่ ๑ ไม่มีผักตบชวาปกคลุม และบ่อหมักที่ ๒ มีผักตบชวาปกคลุม	150
33	ประสิทธิภาพในการใช้ฟอสฟอรัสของบ่อหมักที่ ๓ ไม่มีผักตบชวาปกคลุม และบ่อหมักที่ ๔ มีผักตบชวาปกคลุม	152
34	ประสิทธิภาพในการใช้ฟอสฟอรัสของบ่อหมักที่ ๕ ไม่มีผักตบชวาปกคลุม และบ่อหมักที่ ๖ มีผักตบชวาปกคลุม	154
35	แสดงสภาวะค่า พีเอช. ในบ่อทดลองและน้ำทิ้งจากการกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อ๊อกซิเจน (บ่อหมัก) บ่อที่ ๑-๖	156
36	แสดงค่าสภาพการเปลี่ยนแปลงความเป็นด่าง น้ำทิ้งในการทดลองกำจัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อ๊อกซิเจน (บ่อหมัก) บ่อที่ ๑-๖	162

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1	Total quantity of chemical oxygen demand added to and discharged from a four-pool water hyacinth water-renovation system, Ames, Iowa. June 1 to Oct. 10, 1970.	10
2	Total quantity of kjeldahl nitrogen added to and discharged from a four-pool water hyacinth water renovation system Ames, Iowa. June 1 to Oct. 10, 1970.	10
3	Total quantity of ammonia nitrogen added to and discharged from a four-pool water hyacinth water renovation system, Ames, Iowa. June 1 to Oct. 10, 1970.	11
4	Total quantity of phosphate, PO_4, added to and discharged from a four-pool water-hyacinth water renovation system, Ames, Iowa. June 1 to Oct. 10, 1970.	11
5	Effect of water hyacinth on reduction BOD and turbidity of septic tank effluents.	16
6	Effect of water hyacinth on coliform count of septic tank effluents.	17
7	ผลของ 2, 4-D ที่มีต่อการระเหยของน้ำโดยผ่านผักตบชวา	24
8	อัตราส่วนการระเหยของน้ำ ที่มีพืชผักตบชวาลอยอยู่ กับน้ำที่ไม่มีพืชในเรือนกระจกทดลองตลอดเวลา ๔๐ กว่าวัน ตั้งแต่ฤดูใบไม่ผลิจนถึงต้นฤดูร้อนปี ๑๙๖๖	26

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
9	ปริมาณการระเหยจากผักตบชวาที่ปกคลุมผิวน้ำ เปรียบเทียบกับน้ำที่ไม่มีพืชปกคลุมในเรือนกระจกทดลองมากกว่า ๒๙ วัน ในฤดูร้อน ปี ๑๙๖๖	26
10	แผนผังระบบถังหมักแบบธรรมดา	32
11	แผนผังระบบ Anaerobic contact หรือ Activated sludge	33
12	แผนผังระบบ Anaerobic filter	35
13	สูตรโครงสร้างของสารประกอบประเภทต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์	39
14	Hydrogen acceptor in biological systems.	44
15	End product of digestion	44
16	Anaerobic metabolism of organic matter.	45
17	Anaerobic pathways to pyruvic acid.	45
18	Breakdown of pyruvic acid in anaerobic system.	47
19	Inhibition of the tricarboxylic-acid cycle.	49
20	Knoop's β-oxidation theory.	49
21	การเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ด้วยปฏิกริยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน	52
22	การเพิ่มปริมาณของตะกอนจุลินทรีย์ในการย่อยสลายจุลินทรีย์ โดยแบคทีเรียชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจน	57
23	แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับระยะเวลาการเก็บกักตะกอนจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ และประสิทธิภาพการกำจัดน้ำโสโครกด้วยวิธีทางชีววิทยาแบบไม่ใช้ออกซิเจน	59
24	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับความเข้มข้นของ Bicarbonate Alkalinity ที่อุณหภูมิ $95^{\circ}F$	64

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
25	The effect of lime additions on pH and carbon dioxide percentage	67
26	อิทธิพลของเกลือต่อปฏิกริยาการทำงานของแบคทีเรียชนิดที่ไม่ใช้อ๊อกซิเจน	69
27	แสดงความสัมพันธ์ของ Cations๒ ชนิด คือ A และ B ซึ่งเมื่ออยู่ด้วยกันแล้วอาจจะเกิด Antagonism หรือ Synergism ได้	73
28	ปฏิกริยาการทำลายพิษของโลหะหนัก โดยซัลไฟด์ ($S^{=}$) ในสภาวะที่ไม่มีอ๊อกซิเจน	74
29	ลักษณะบ่อหมักและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	79
30	ลักษณะรูปด้านข้างของบ่อทดลองและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	79
31	แสดงการเปรียบเทียบการระเหยของน้ำที่ไม่มีผักตบชวาปกคลุมและการระเหยของน้ำที่มีผักตบชวาปกคลุม	87
32	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการระเหยของน้ำที่มีผักตบชวาปกคลุมและไม่มีผักตบชวาปกคลุม กับค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์	88
33	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการระเหยของน้ำที่มีผักตบชวาปกคลุมและไม่มีผักตบชวาปกคลุม กับค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ	89
34	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการระเหยของน้ำที่มีผักตบชวาปกคลุม และไม่มีผักตบชวาปกคลุม กับอุณหภูมิสูงสุดของแต่ละวัน	90
35	การเปลี่ยนแปลงของ COD reduction และค่า pH ขณะที่ทำการเลี้ยงแบคทีเรียของบ่อหมัก pond ที่ ๑ และ ๒	93
36	แสดงการเปลี่ยนแปลงของ COD reduction และค่า pH ขณะที่ทำการเลี้ยงแบคทีเรียของบ่อหมัก pond ที่ ๓ และ ๔	94

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
37	แสดงการเปลี่ยนแปลงของ COD reduction และค่า pH ขณะที่ทำการเลี้ยงแบคทีเรียของบ่อหมัก pond ที่ ๕ และ ๖	95
38	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัด ซีโอดี. ของบ่อหมักที่ ๑ และ ๒	97
39	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัด ซีโอดี. ของบ่อหมักที่ ๓ และ ๔	98
40	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัด ซีโอดี. ของบ่อหมักที่ ๕ และ ๖	99
41	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัด บีโอดี. ของบ่อหมักที่ ๑ และ ๒	101
42	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัด บีโอดี. ของบ่อหมักที่ ๓ และ ๔	102
43	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัด บีโอดี. ของบ่อหมักที่ ๕ และ ๖	103
44	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้ไนโตรเจนในบ่อหมักที่ ๑ และ ๒	105
45	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้ไนโตรเจนในบ่อหมักที่ ๓ และ ๔	106
46	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้ไนโตรเจนในบ่อหมักที่ ๕ และ ๖	107
47	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้ฟอสฟอรัสในบ่อหมักที่ ๑ และ ๒	109
48	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้ฟอสฟอรัสในบ่อหมักที่ ๓ และ ๔	110
49	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้ฟอสฟอรัสในบ่อหมักที่ ๕ และ ๖	111
50	แสดงค่าเปลี่ยนแปลง พีเอช. ของน้ำทิ้งของบ่อหมักที่ ๑,๒,๓,๔, ๕ และ ๖	113
51	แสดงค่าเปลี่ยนแปลง พีเอช. ของน้ำเสียในบ่อหมักที่ ๑,๒,๓,๔, ๕ และ ๖	114
52	แสดงการเปลี่ยนแปลงสภาพความเป็นด่าง (Alkalinity) ในระบบการกำจัดน้ำเสียแบบบ่อหมักที่ ๑ และ ๒	115
53	แสดงการเปลี่ยนแปลงสภาพความเป็นด่าง (Alkalinity) ในระบบการกำจัดน้ำเสียแบบบ่อหมักที่ ๓ และ ๔	116
54	แสดงการเปลี่ยนแปลงสภาพความเป็นด่าง (Alkalinity) ในระบบการกำจัดน้ำเสียแบบบ่อหมักที่ ๕ และ ๖	117