


การศึกษาประสิทธิภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อบำบัด
น้ำเสียจากระบบบำบัดของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางชั้น



นาย ทรงพล รักษ์เฒ่า

ศูนย์วิทยพัทยาการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3593-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A STUDY ON THE EFFICIENCY OF CONSTRUCTED
WETLAND IN TREATING WASTEWATER FROM
STABILIZING POND OF LATEX INDUSTRY

Mr. Songpol Rudpao

ศูนย์วิทยทรัพยากร

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

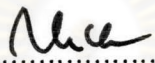
Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-3593-6

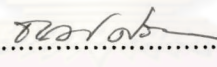
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาประสิทธิภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อบำบัดน้ำเสียจาก
ระบบของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางชั้น
โดย ทรงพล รักษ์เฝ้า
สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ฐเรศ ศรีสถิตย์


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปิบุญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญยง โฉ่ห้วงศ์วัฒน์)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ฐเรศ ศรีสถิตย์)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ อรทัย ขวาลภาฤทธิ์)


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

ทรงพล รัชษ์เผ่า : การศึกษาประสิทธิภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อบำบัดน้ำเสียจากระบบบำบัดของ โรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางชั้น (A STUDY ON THE EFFICIENCY OF CONSTRUCTED WETLAND IN TREATING WASTEWATER FROM STABILIZING POND OF LATEX INDUSTRY)

อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. ภูเรศ ศรีสถิตย์, 169 หน้า, ISBN 974-17-3593-6

การศึกษาประสิทธิภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นแบบไหลอิสระเหนือผิวดินในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชั้น ที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้ว มลสารในน้ำเสียที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพ ได้แก่ Biochemical Oxygen Demand (BOD_5), Total Kjeldahl Nitrogen (TKN), และ Total Suspended Solid (TSS) โดยทำการเปรียบเทียบระดับน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น 3 ระดับ คือ 0.15 0.30 และ 0.45 เมตร คิดเป็นอัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 0.11 0.23 และ 0.34 ลูกบาศก์เมตรต่อวันตามลำดับ ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเมื่อใช้พืชสองชนิดคือ ต้นธูปฤๅษี (*Typha angustifolia*) และต้นบอน (*Colocasia esculenta*) เมื่อเทียบกับพื้นที่ชุ่มน้ำที่ไม่ปลูกพืชใดๆ นอกจากนี้ยังทำการศึกษาดังกล่าวถึง การเจริญเติบโตของพืชทั้งสองชนิด

พื้นที่ชุ่มน้ำที่มีต้นบอน และมีระดับน้ำ 0.15 เมตร มีประสิทธิภาพในการลดค่า BOD_5 ได้ดีที่สุดใน โดยมีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพเท่ากับ 79.95 ± 4.90 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ชุ่มน้ำที่มีประสิทธิภาพรองลงมา คือ พื้นที่ชุ่มน้ำที่ปลูกต้นบอน และมีระดับน้ำ 0.30 เมตร โดยมีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพเท่ากับ 70.07 ± 7.48 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งยังเป็นประสิทธิภาพที่อยู่ในระดับสูง อย่างไรก็ตาม พื้นที่ชุ่มน้ำที่มีระดับน้ำที่ปลูกต้นบอน และมีระดับน้ำ 0.45 เมตร มีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD_5 เพียง 60.09 ± 10.12 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ชุ่มน้ำที่ปลูกต้นธูปฤๅษี มีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD_5 ค่อนข้างต่ำ แม้ว่าจะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับน้ำลดลง กล่าวคือ ประสิทธิภาพในการกำจัด BOD_5 เมื่อมีระดับน้ำ 0.15 0.30 และ 0.45 เมตร เท่ากับ 59.17 ± 17.12 , 48.89 ± 20.11 และ 33.78 ± 23.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ประสิทธิภาพในการกำจัด TKN ของพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีต้นธูปฤๅษี มีความใกล้เคียงกับประสิทธิภาพในการกำจัด TKN ของพื้นที่ชุ่มน้ำที่ไม่ปลูกพืชใดๆ ในระดับน้ำทุกระดับ แม้ว่าประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้น ประสิทธิภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีต้นธูปฤๅษี และไม่มีพืช ตีกว่าประสิทธิภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีต้นบอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ขนาดของความแตกต่างมีไม่มาก ประสิทธิภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำที่ระดับน้ำ 0.15 เมตร ที่มีต้นธูปฤๅษี ต้นบอน และไม่มีพืช เท่ากับ 65.63 ± 9.17 , 62.40 ± 9.89 และ 67.26 ± 6.24 ตามลำดับ พื้นที่ชุ่มน้ำที่ระดับน้ำ 0.30 เมตร ที่มีต้นธูปฤๅษี ต้นบอน และไม่มีพืช เท่ากับ 60.74 ± 12.36 , 53.68 ± 13.16 และ 61.9 ± 8.18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่าแตกต่างจากระดับน้ำ 0.15 เมตร ไม่มากนัก

โดยทั่วไปพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีพืช สามารถลดปริมาณของ TSS ได้ดีกว่าพื้นที่ชุ่มน้ำที่ไม่มีพืช โดยต้นบอนมีประสิทธิภาพดีที่สุดในน้ำทุกระดับ TSS ที่ออกจากพื้นที่ชุ่มน้ำที่ไม่มีพืชยังมีปริมาณสูงกว่า TSS ในน้ำเข้าอีกด้วย ประสิทธิภาพในการกำจัด TSS สูงขึ้นเมื่อระดับน้ำลดลง พื้นที่ชุ่มน้ำที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลด TSS คือ พื้นที่ชุ่มน้ำซึ่งมีระดับน้ำ 0.15 เมตร และมีต้นบอน โดยมีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.93 ± 5.56 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ พื้นที่ชุ่มน้ำที่มีระดับน้ำ 0.30 เมตร และปลูกต้นบอน โดยมีประสิทธิภาพเท่ากับ 76.65 ± 10.94 เปอร์เซ็นต์

ตลอดการทดลอง 100 วันพบว่า ต้นบอน และต้นธูปฤๅษี มีการเจริญเติบโตได้ดีในอัตรา ที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ ต้นบอนมีการเจริญเติบโตเร็วกว่าต้นธูปฤๅษี พืชทั้งสองชนิดเจริญเติบโตได้ดีในน้ำเสียมากกว่าน้ำดี นอกจากนี้ยังเจริญเติบโตได้ดีขึ้นเมื่อระดับน้ำโดยเฉพาะน้ำเสียลดลง โดยมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในระดับน้ำ 0.15 เมตร

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ลายมือชื่อนิสิต..... ทรงพล รัชษ์เผ่า

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... ภูเรศ ศรีสถิตย์

ปีการศึกษา 2546

4370306021 MAJOR : ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEY WORDS : CONSTRUCTED WETLAND, BOD, TKN, TSS , FREE WATER SURFACE,
LATEX INDUSTRY

SONGPOL RUGPAO : A STUDY ON THE EFFICIENCY OF CONSTRUCTED
WETLAND IN TREATING WASTEWATER FROM STABILIZING POND OF LATEX
INDUSTRY. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. THARES SRISATIT, Ph.D.,
169 pp. ISBN 974-17-3593-6

The study was conducted to determine the efficiency of Free Water Surface (FWS) constructed wetlands in removal of Biochemical Oxygen Demand (BOD_5), Total Kjeldahl Nitrogen (TKN), and Total Suspended Solid (TSS) of primary treated waste water from a Latex industry. Three water levels included 0.15, 0.30 and 0.45 metres, which yielded a water flow rate of 0.11, 0.23 and 0.34 cubicmetres per day respectively, were compared. Efficiency was also compared between two plants (*Typha angustifolia* and *Colocasia esculenta*) and without plant in the system. Growth of the two plants was also studied.

The constructed wetland with *Colocasia esculenta* and 0.15 metres water level was the most efficient model in BOD_5 removal. The average efficiency was 79.95 ± 4.90 percents. The second most efficient model was the wetland with *Colocasia esculenta* and 0.30 meter water level. The average efficiency was 70.07 ± 7.48 percents, which was still at high level. However the wetland with *Colocasia esculenta* and 0.45 meter water depth had the efficiency in BOD_5 removal only 60.09 ± 10.12 percents. The wetlands with *Typha angustifolia* had low efficiency in BOD_5 removal, although the efficiency increased when the water levels decreased. The efficiency in BOD_5 removal of wetlands with *Typha angustifolia* at water levels of 0.15, 0.30 and 0.45 meters were 59.17 ± 17.12 , 48.89 ± 20.11 and 33.78 ± 23.69 percents, respectively.

The constructed wetlands with *Typha angustifolia* had a comparable efficiency in TKN removal with the constructed wetlands without any plant at all water levels, although the efficiency was decreased when water levels increased. The efficiency of the constructed wetland with *Typha angustifolia* or without plant yielded better efficiency than the wetlands with *Colocasia esculenta*. The efficiency of the wetland at 0.15 meter water level with *Typha angustifolia*, *Colocasia esculenta*, and without plant were 65.63 ± 9.17 , 62.40 ± 9.89 and 67.26 ± 6.24 percents, respectively. The efficiency in TKN removal of 0.30 meter water level wetlands with *Typha angustifolia*, *Colocasia esculenta* and without plant were 60.74 ± 12.36 , 53.68 ± 13.16 and 61.9 ± 8.18 percents respectively.

In general, the constructed wetlands with plants were more efficient in TSS removal than the constructed wetlands without plant. The wetlands with *Colocasia esculenta* at any water level were the most efficient. The efficiency in TSS removal increased when water levels decreased. The most efficient model of constructed wetland for TSS removal was the wetland with *Colocasia esculenta* and 0.15 meter water level, where the average efficiency was 85.93 ± 5.56 percents. The second most efficient was the wetland with *Colocasia esculenta* and 0.30 meter water level, where the efficiency was 74.65 ± 10.94 percents.


In general, *Typha angustifolia* and *Colocasia esculenta* grewed quite well with consistent rates. *Colocasia esculenta* grewed more rapidly than *Typha angustifolia*. Both plants grewed better in waste water than clean water. In addition, the lower the water levels, the better they grewed. They grewed best in the water level of 0.15 meters.

Department Environmental Engineering...

Field of study Environmental Engineering...

Academic year 2003

Student's signature..... 

Advisor's signature..... 

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความกรุณา ความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากหลายๆ ท่าน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ธเรศ ศรีสถิตย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ให้ความช่วยเหลือ และตรวจทานแก้ไข รายละเอียดต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา อาจารย์นิตยา จันทรเรือง มหาผล ผู้เชี่ยวชาญพิเศษด้านวิศวกรรมกรรมแพทย์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำพร้อมทั้งความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน รวมทั้งผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญยง โล่ห์วงศ์วัฒน์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่ายิ่งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมให้ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นที่มีส่วนสำคัญในการแก้ไข ปรับปรุงวิทยานิพนธ์ เล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น อาจารย์อรรถกาวงศ์ธานี สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งได้ช่วยทำการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอขอบคุณมูลนิธิชิน โสภณพนิช บัณฑิตวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนบางส่วนในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณบริษัท อินเตอร์ริบเบอร์จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณ คุณปฐม จิระโชติชัย ผู้จัดการบริษัทฯ พร้อมทั้งเจ้าหน้าที่ของบริษัททุกท่านที่มีโอกาสกล่าวนามได้หมด ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกต่างๆ ตลอดระยะเวลาที่ข้าพเจ้าทำวิทยานิพนธ์ที่บริษัท

ขอขอบคุณบริษัท Env. Lab คุณพิมพ์วิภา สอนจิตร คุณศิริจันทร์ จันทรเพชร และคุณเดือนใจ จุ้ยนิ่ม ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำและเอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ ๆ และน้องทุกคนของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มีโอกาสกล่าวนามได้หมดที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจตลอดระยะเวลาที่ข้าพเจ้าทำวิทยานิพนธ์

ท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ที่ให้ความรักความห่วงใย และให้การสนับสนุนเงินทุน คอยช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจสำคัญให้แก่ข้าพเจ้าตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ซ
สารบัญตาราง.....	ณ
บทที่ 1	บทนำ..... 1
	1.1 ความเป็นมา หลักการ และเหตุผล..... 1
	1.2 วัตถุประสงค์..... 1
	1.3 ขอบเขตการวิจัย..... 2
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2
บทที่ 2	การทบทวนเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 3
	2.1 พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น (Constructed Wetlands)..... 3
	2.1.1 ประเภทของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น..... 4
	2.1.2 องค์ประกอบที่สำคัญของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น..... 6
	2.1.2.1 ดิน..... 6
	2.1.2.2 อุทกวิทยา..... 10
	2.1.2.3 สิ่งมีชีวิต..... 11
	2.1.3 มลสารและกลไกการบำบัดของพื้นที่ชุ่มน้ำระบบอิสระเหนือ พื้นผิว..... 20
	2.1.3.1 ของแข็งแขวนลอย..... 20
	2.1.3.2 คาร์บอน..... 24
	2.1.3.3 ไนโตรเจน..... 34
	2.1.4 การออกแบบพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นแบบไหลอิสระเหนือผิวดิน..... 44
	2.1.4.1 อัตราการไหลเฉลี่ย..... 45
	2.1.4.2 ค่าคงที่แสดงช่องว่างภายในพื้นที่ชุ่มน้ำ..... 45
	2.1.4.3 ระยะเวลากักเก็บ..... 46
	2.2 อุตสาหกรรมแปรรูปน้ำยางสด..... 46
	2.2.1 กระบวนการผลิตน้ำยางข้น..... 46
	2.2.2 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้นในจังหวัดภาคใต้..... 48

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3

2.2.3 ปริมาณและคุณลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชั้น.....	49
2.3 งานวิจัยที่ผ่านมา.....	51
แผนงานและการดำเนินการวิจัย.....	55
3.1 แผนการวิจัย.....	55
3.1.1 เกณฑ์การออกแบบหน่วยทดลอง.....	56
3.1.2 หน่วยทดลองทั้งหมด.....	56
3.1.3 ส่วนประกอบของหน่วยทดลองแต่ละหน่วย.....	57
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	58
3.3 การเตรียมอุปกรณ์ และสถานที่.....	58
3.3.1 การเตรียมพื้นที่ชุ่มน้ำแบบไหลอิสระเหนือผิวดิน.....	60
3.3.1.1 การเตรียมบ่อ.....	60
3.3.1.2 การเตรียมพืช และการปลูกพืชในระบบ.....	61
3.3.1.3 การเตรียมดิน.....	62
3.3.1.4 น้ำที่ใช้ในการวิจัย.....	62
3.3.2 การเตรียมทางน้ำเข้า และทางน้ำออกของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ.....	63
3.3.3 ดักเก็บน้ำเสีย.....	63
3.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	63
3.4.1 ขั้นตอนการศึกษาประสิทธิภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น.....	63
3.4.1.1 การปล่อยและการกักเก็บน้ำ.....	64
3.4.1.2 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง.....	64
3.4.1.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่าง.....	64
3.4.2 ขั้นตอนการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของธูปฤาษี และบอน.....	65
3.4.2.1 การปล่อยและการกักเก็บน้ำ.....	65
3.4.2.2 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างพืช.....	65
3.4.2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช.....	65
3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล.....	66
3.5.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	66
3.5.2 การประมาณค่าประสิทธิภาพของระบบ.....	66
3.5.3 สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	67

บทที่ 4

ผลการศึกษาและการวิจารณ์ผล.....	69
4.1 ผลการวิจัยเกี่ยวกับพืช.....	69
4.1.1 ลักษณะทั่วไปของพืช.....	69
4.1.1.1 ลักษณะทั่วไปของต้นรูปถั่ว.....	69
4.1.1.2 ลักษณะทั่วไปของต้นบอน.....	70
4.1.2 การเจริญเติบโตของพืช.....	70
4.1.2.1 การเจริญเติบโตของรูปถั่ว.....	71
1. ความสูงของต้นรูปถั่ว.....	71
2. น้ำหนักสดของต้นรูปถั่ว.....	73
3. น้ำหนักแห้งของต้นรูปถั่ว.....	75
4.1.2.2 การเจริญเติบโตของต้นบอน.....	77
1. ความสูงของต้นบอน.....	77
2. น้ำหนักสดของต้นบอน.....	79
3. น้ำหนักแห้งของต้นบอน.....	81
4.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช.....	83
4.1.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเพิ่มความสูงของพืช.....	83
4.1.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเพิ่มน้ำหนักสดของพืช.....	84
4.1.3.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งของพืช.....	86
4.2 ลักษณะของเนื้อดินและค่าความเป็นกรด-ด่าง.....	88
4.3 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น.....	89
4.3.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH).....	89
4.3.2 อุณหภูมิ (Temperature).....	90
4.3.3 ค่าความโปร่งแสง (Transparency).....	90
4.4 ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำเสียของบ่อดูด.....	91
4.4.1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TKN).....	91
4.4.1.1 ปริมาณของ TKN ไบโอดีและน้ำออกของบ่อดูด.....	91
4.4.1.1.1 ปริมาณของ TKN ไบโอดี.....	91
4.4.1.1.2 ปริมาณของ TKN น้ำออก.....	91
4.4.1.2 ประสิทธิภาพในการกำจัด TKN.....	91
4.4.2 TSS.....	97

	สารบัญ (ต่อ)	ช หน้า
	4.4.2.1 ปริมาณของ TSS ในน้ำเข้าและน้ำออกของบ่อ ทดลอง.....	97
	4.4.2.2 ประสิทธิภาพในการกำจัด TSS.....	98
	4.4.3 BOD ₅	104
	4.4.3.1 ปริมาณของBOD ₅ ในน้ำเข้าและน้ำออกของบ่อ ทดลอง.....	104
	4.4.3.2 ประสิทธิภาพในการกำจัด BOD ₅	105
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	112
รายการอ้างอิง	115
ภาคผนวก	121
ภาคผนวก ก.	รูปภาพการติดตั้งหน่วยทดลอง.....	121
ภาคผนวก ข.	รูปภาพการเจริญเติบโตของพืช.....	124
ภาคผนวก ค.	ข้อมูลการเจริญเติบโตของพืช.....	130
ภาคผนวก ง.	การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญ เติบโตของพืช.....	142
ภาคผนวก จ.	ลักษณะสมบัติในน้ำเสียของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น.....	145
ภาคผนวก ฉ.	ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณของมลสารในน้ำเข้าและน้ำออก และข้อมูลเกี่ยวกับประ สิทธิภาพในการบำบัดมลสารของระบบที่ทำการทดลอง.....	148
ภาคผนวก ช.	การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพของการกำจัด มลสารของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นแบบต่างๆ.....	154
ภาคผนวก ซ.	มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม.....	160
ภาคผนวก ฌ.	ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศจังหวัดสุราษฎร์ธานี ในปีทำการทดลอง (พ.ศ. 2545).....	163
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	170

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1	ขั้นตอนการบำบัดน้ำ.....	3
รูปที่ 2.2	พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นระบบไหลอิสระเหนือผิวดิน.....	4
รูปที่ 2.3	พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นระบบน้ำไหลใต้ดิน.....	5
รูปที่ 2.4	ระยะต่าง ๆ ของการเกิดดินในพื้นที่ชุ่มน้ำ.....	9
รูปที่ 2.5	ลักษณะการปรับตัวทางสัณฐานวิทยาของรากพืชในพื้นที่ชุ่มน้ำ.....	13
รูปที่ 2.6	การสะสมและการเคลื่อนย้ายของของแข็งแขวนลอย ในพื้นที่ชุ่มน้ำ.....	22
รูปที่ 2.7	การสะสมและการเคลื่อนย้ายคาร์บอนในพื้นที่ชุ่มน้ำ.....	29
รูปที่ 2.8	วัฏจักรไนโตรเจนในพื้นที่ชุ่มน้ำ.....	40
รูปที่ 2.9	ภาพเครื่องบั่นน้ำยางชั้นผ่าตามแนวยาว.....	48
รูปที่ 3.1	หน่วยการทดลองทั้งหมด.....	57
รูปที่ 3.2	ส่วนประกอบของหน่วยการทดลอง.....	58
รูปที่ 3.3	ขั้นตอนในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางชั้นก่อนทำการทดลอง.....	59
รูปที่ 3.4	ขั้นตอนในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางชั้นในขณะทำการทดลอง.....	59
รูปที่ 3.5	พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นที่ใช้ในการทดลอง.....	60
รูปที่ 3.6	บ่อควบคุมพืช.....	61
รูปที่ 3.7	ตำแหน่งการปลูกต้นธูปฤาษี หรือต้นบอนในหน่วยทดลอง.....	62
รูปที่ 4.1	ความสูงเฉลี่ย (ซม.) ของต้นธูปฤาษีในบ่อทดลอง ซึ่งมีระดับน้ำระดับต่างๆ ตลอดระยะเวลาของการทดลอง.....	72
รูปที่ 4.2	ความสูงเฉลี่ย (ซม.) ของต้นธูปฤาษีในบ่อควบคุม ซึ่งมีระดับน้ำระดับต่างๆ ตลอดระยะเวลาของการทดลอง.....	72
รูปที่ 4.3	น้ำหนักสดเฉลี่ย (กรัม) ของต้นธูปฤาษีในบ่อทดลอง ซึ่งมีระดับน้ำระดับต่างๆ ตลอดระยะเวลาของการทดลอง.....	74
รูปที่ 4.4	น้ำหนักสดเฉลี่ย (กรัม) ของต้นธูปฤาษีในบ่อควบคุม ซึ่งมีระดับน้ำระดับต่างๆ ตลอดระยะเวลาของการทดลอง.....	74
รูปที่ 4.5	น้ำหนักแห้งเฉลี่ย (กรัม) ของต้นธูปฤาษีในบ่อทดลอง ซึ่งมีระดับน้ำระดับต่างๆ ตลอดระยะเวลาของการทดลอง.....	76
รูปที่ 4.6	น้ำหนักแห้งเฉลี่ย (กรัม) ของต้นธูปฤาษีในบ่อควบคุม ซึ่งมีระดับน้ำระดับต่างๆ ตลอดระยะเวลาของการทดลอง.....	76

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.7	ความสูงเฉลี่ย (ซม.) ของต้นบอนในบ่อทดลอง ซึ่งมีระดับน้ำระดับต่างๆ ตลอดระยะเวลาของการทดลอง.....	78
รูปที่ 4.8	ความสูงเฉลี่ย (ซม.) ของต้นบอนในบ่อควบคุม ซึ่งมีระดับน้ำระดับต่างๆ ตลอดระยะเวลาของการทดลอง.....	78
รูปที่ 4.9	น้ำหนักสดเฉลี่ย (กรัม) ของต้นบอนในบ่อทดลอง ซึ่งมีระดับน้ำระดับต่างๆ ตลอดระยะเวลาของการทดลอง.....	80
รูปที่ 4.10	น้ำหนักสดเฉลี่ย (กรัม) ของต้นบอนในบ่อควบคุม ซึ่งมีระดับน้ำระดับต่างๆ ตลอดระยะเวลาของการทดลอง.....	80
รูปที่ 4.11	น้ำหนักแห้งเฉลี่ย (กรัม) ของต้นบอนในบ่อทดลอง ซึ่งมีระดับน้ำระดับต่างๆ ตลอดระยะเวลาของการทดลอง.....	82
รูปที่ 4.12	น้ำหนักแห้งเฉลี่ย (กรัม) ของต้นบอนในบ่อควบคุม ซึ่งมีระดับน้ำระดับต่างๆ ตลอดระยะเวลาของการทดลอง.....	82
รูปที่ 4.13	ประสิทธิภาพการกำจัด TKN ในบ่อทดลองแยกตามระดับน้ำ และชนิดของพืช ตลอดระยะเวลาของการทดลอง.....	92
รูปที่ 4.14	ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของการกำจัด TKN ของพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีระดับน้ำระดับต่างๆ ตลอดระยะเวลาของการทดลอง.....	93
รูปที่ 4.15	ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของการกำจัด TSS ของบ่อทดลองแยกตามระดับน้ำและชนิดของพืช ตลอดระยะเวลาของการทดลอง.....	99
รูปที่ 4.16	ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของการกำจัด TSS ของพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีระดับน้ำเสียระดับต่างๆ ตลอดระยะเวลาของการทดลอง.....	100
รูปที่ 4.17	ประสิทธิภาพของการกำจัด BOD ₅ ในบ่อทดลองที่แยกตามระดับน้ำและชนิดของพืช ตลอดระยะเวลาของการทดลอง.....	106
รูปที่ 4.18	ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของการกำจัด BOD ₅ ของพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีระดับน้ำเสียระดับต่างๆ ตลอดระยะเวลาของการทดลอง.....	107
รูป ก.1	หน่วยทดลอง มองจากด้านบน.....	121
รูป ก.2	การติดตั้งทางน้ำเข้า.....	121
รูป ก.3	การติดตั้งทางน้ำออก.....	122
รูป ก.4	ตำแหน่งที่สูบน้ำเสียเพื่อป้อนให้กับระบบ.....	122

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูป ก.5	เครื่องมือวัดความโปร่งแสง.....	123
รูป ข.1	การเจริญเติบโตของต้นรูปฤาษี ในบ่อทดลองที่มีน้ำเสียลึก 0.30 เมตร ในวันที่ 50 ของการทดลอง.....	124
รูป ข.2	การเจริญเติบโตของต้นบอน ในบ่อทดลองที่มีน้ำเสียลึก 0.30 เมตร ในวันที่ 50 ของการทดลอง.....	124
รูป ข.3	บ่อทดลองที่ไม่ปลูกพืช ในวันที่ 50 ของการทดลอง.....	125
รูป ข.4	การเจริญเติบโตของต้นรูปฤาษี และต้นบอนในบ่อทดลองที่มีน้ำดีลึก 0.30 เมตร ในวันที่ 50 ของการทดลอง.....	126
รูป ข.5	การเจริญเติบโตของพืชในบ่อทดลองทุกบ่อ ในวันที่ 50 ของการทดลอง.....	126
รูป ข.6	การเจริญเติบโตของต้นรูปฤาษี ในบ่อทดลองที่มีน้ำเสียลึก 0.30 เมตร ในวันที่ 100 ของการทดลอง.....	127
รูป ข.7	การเจริญเติบโตของต้นบอน ในบ่อทดลองที่มีน้ำเสียลึก 0.30 เมตร ในวันที่ 100 ของการทดลอง.....	127
รูป ข.8	บ่อทดลองที่ไม่ปลูกพืช ในวันที่ 100 ของการทดลอง.....	128
รูป ข.9	การเจริญเติบโตของต้นรูปฤาษี และต้นบอนในบ่อทดลองที่มีน้ำดีลึก 0.30 เมตร ในวันที่ 100 ของการทดลอง.....	129
รูป ข.10	การเจริญเติบโตของพืชในบ่อทดลองทุกบ่อ ในวันที่ 100 ของการทดลอง.....	129

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1	การเปรียบเทียบ ทางเลือกการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นก่อนผ่านพื้นที่ชุ่มน้ำ 3 แบบ...6
ตารางที่ 2.2	การเปรียบเทียบดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ กับดินอินทรีย์ในพื้นที่ชุ่มน้ำ.....7
ตารางที่ 2.3	ลักษณะ และหน้าที่ของพืชในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น.....12
ตารางที่ 2.4	ชนิดของพืชที่พบทั่วไปในพื้นที่ชุ่มน้ำ.....15
ตารางที่ 2.5	ความเข้มข้นของไนโตรเจน และฟอสฟอรัส และอัตราการดูดดึงของพืช.....15
ตารางที่ 2.6	เกณฑ์การออกแบบพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นแบบไหลอิสระเหนือผิวดิน.....45
ตารางที่ 2.7	คุณลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางชั้น.....50
ตารางที่ 3.1	เกณฑ์การออกแบบพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นที่ใช้ในการวิจัย.....55
ตารางที่ 3.2	ลักษณะคุณสมบัติของน้ำเสียที่ใช้ในการวิจัย.....62
ตารางที่ 3.3	ระดับความสูงของทางน้ำออกของบ่อต่างๆ.....63
ตารางที่ 3.4	พารามิเตอร์ที่ศึกษาในการวิจัย.....66
ตารางที่ 4.1	ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราความสูงของพืชโดยใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลแบบ ANOVA Applied to Regression.....84
ตารางที่ 4.2	ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเพิ่มน้ำหนักรากของพืชโดยใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลแบบ ANOVA Applied to Regression.....85
ตารางที่ 4.3	ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งของพืชโดยใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลแบบ ANOVA Applied to Regression.....87
ตารางที่ 4.4	ลักษณะของเนื้อดินและค่าความเป็นกรด -ด่าง (pH) ของดินในบ่อทดลอง ก่อนเริ่มทำการทดลอง.....89
ตารางที่ 4.5	ประสิทธิภาพในการกำจัด TKN โดยเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ตลอดระยะเวลา การทดลองของพื้นที่ชุ่มน้ำ ในระดับน้ำต่างๆ และชนิดของพืชต่างๆ.....94
ตารางที่ 4.6	การทดสอบโดยวิธี Least Significant Difference เพื่อเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัด TKN ตลอดระยะเวลาของการ ทดลองของระดับน้ำเสียระดับต่างๆ95
ตารางที่ 4.7	การทดสอบโดยวิธี Least Significant Difference เพื่อเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัด TKN ตลอดระยะเวลาของการ ทดลองของพืชชนิดต่างๆ96
ตารางที่ 4.8	ประสิทธิภาพในการกำจัด TSS (เปอร์เซ็นต์) ของพื้นที่ชุ่มน้ำ ในระดับต่างๆ และชนิดของพืชต่างๆ101

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.9	การทดสอบโดยวิธี Least Significant Difference เพื่อเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัด TSS ของระดับน้ำเสียระดับต่างๆ	102
ตารางที่ 4.10	การทดสอบโดยวิธี Least Significant Difference เพื่อเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัด TSS ของพีชชนิดต่างๆ	103
ตารางที่ 4.11	ประสิทธิภาพของ BOD ₅ (เปอร์เซ็นต์) ของพื้นที่ชุ่มน้ำในระดับน้ำต่างๆ และชนิดของพีชต่างๆ.....	108
ตารางที่ 4.12	การทดสอบโดยวิธี Least Significant Difference เพื่อเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพในการกำจัด BOD ₅ ของระดับน้ำเสียระดับต่างๆ	109
ตารางที่ 4.13	การทดสอบโดยวิธี Least Significant Difference เพื่อเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพในการกำจัด BOD ₅ ของพีชชนิดต่างๆ	110
ตาราง ค.1	ความสูงเฉลี่ย (ซม.) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของต้นรูปฤาษี ในบ่อกดลองซึ่งมีระดับน้ำเสียระดับต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง.....	130
ตาราง ค.2	ความสูงเฉลี่ย (ซม.) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของต้นรูปฤาษีในบ่อ ควบคุมซึ่งมีระดับน้ำเสียระดับต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง.....	131
ตาราง ค.3	น้ำหนักสดเฉลี่ย (กรัม) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของต้นรูปฤาษีในบ่อ ทดลองซึ่งมีระดับน้ำเสียระดับต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง.....	132
ตาราง ค.4	น้ำหนักสดเฉลี่ย (กรัม) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของต้นรูปฤาษีในบ่อ ควบคุมซึ่งมีระดับน้ำเสียระดับต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง.....	133
ตาราง ค.5	น้ำหนักแห้งเฉลี่ย (กรัม) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของต้นรูปฤาษีในบ่อ ทดลองซึ่งมีระดับน้ำเสียระดับต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง.....	134
ตาราง ค.6	น้ำหนักแห้งเฉลี่ย (กรัม) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของต้นรูปฤาษีในบ่อ ควบคุมซึ่งมีระดับน้ำเสียระดับต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง.....	135
ตาราง ค.7	ความสูงเฉลี่ย (ซม.) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของต้นบอนในบ่อ ทดลองซึ่งมีระดับน้ำเสียระดับต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง.....	136
ตาราง ค.8	ความสูงเฉลี่ย (ซม.) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของต้นบอนในบ่อ ควบคุมซึ่งมีระดับน้ำเสียระดับต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง.....	137
ตาราง ค.9	น้ำหนักสดเฉลี่ย (กรัม) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของต้นบอนในบ่อ ทดลองซึ่งมีระดับน้ำเสียระดับต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง.....	138

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตาราง ค.10	น้ำหนักสลดเฉลี่ย (กรัม) \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของต้นบอนในบ่อควบคุม ซึ่งมีระดับน้ำเสียระดับต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง.....	139
ตาราง ค.11	น้ำหนักแห้งเฉลี่ย (กรัม) \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของต้นบอน ในบ่อทดลองซึ่งมีระดับน้ำเสียระดับต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง.....	140
ตาราง ค.12	น้ำหนักแห้งเฉลี่ย (กรัม) \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของต้นบอนใน บ่อควบคุมซึ่งมีระดับน้ำเสียระดับต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง.....	141
ตาราง ง.1	สมการที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธี ANOVA applied to regression เพื่อแสดงถึงปัจจัยที่มีผลต่ออัตราความสูงของพีช	142
ตาราง ง.2	สมการที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธี ANOVA applied to regression เพื่อแสดงถึงปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเพิ่มของน้ำหนักสลดของพีช	143
ตาราง ง.3	สมการที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธี ANOVA applied to regression เพื่อแสดงถึงปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเพิ่มของน้ำหนักแห้งของพีช	144
ตาราง จ.1	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำเข้าและน้ำออกของพื้นที่ชุ่มน้ำแบบต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาของการทดลอง.....	145
ตาราง จ.2	อุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออกของพื้นที่ชุ่มน้ำแบบต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาของ การทดลอง.....	146
ตาราง จ.3	ความโปร่งแสง (Transparency) ในน้ำเข้าและน้ำออกของพื้นที่ชุ่มน้ำแบบต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาของการทดลอง.....	147
ตาราง ฉ.1	ปริมาณ TKN ในน้ำเข้าและน้ำออกในบ่อทดลองต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาของการ ทดลอง.....	148
ตาราง ฉ.2	ประสิทธิภาพของการกำจัด TKN ในบ่อทดลองต่าง ๆตลอดระยะเวลาของการ ทดลอง.....	149
ตาราง ฉ.3	ปริมาณของ TSS ในน้ำเข้าและน้ำออกในบ่อทดลองต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาของ การทดลอง.....	150
ตาราง ฉ.4	ประสิทธิภาพของ TSS ในบ่อทดลองต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาของการทดลอง	151
ตาราง ฉ.5	ปริมาณของ BOD ₅ ในน้ำเข้าและน้ำออกในบ่อทดลองต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาของ การทดลอง.....	152

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตาราง ข.6	ประสิทธิภาพของ BOD ₅ ในน้ำเข้าและน้ำออกในบ่อบำบัดต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาของการทดลอง.....	153
ตาราง ข.1	การวิเคราะห์ Two way ANOVA เพื่อดูว่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของพื้นที่ชุ่มน้ำ 9 แบบ ในการกำจัด TKN มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ และปัจจัยเกี่ยวกับความลึกของน้ำและพืช มีปฏิสัมพันธ์ (interaction) กันหรือไม่.....	154
ตาราง ข.2	การวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อทดสอบว่าประสิทธิภาพของการกำจัด TKN ของระดับน้ำคูใด และชนิดพืชคูใด ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี Least Significant Difference.....	155
ตาราง ข.3	การวิเคราะห์ Two way ANOVA เพื่อดูว่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของพื้นที่ชุ่มน้ำ 9 แบบ ในการกำจัด TSS มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ และปัจจัยเกี่ยวกับความลึกของน้ำ และพืช มีปฏิสัมพันธ์ (interaction) กันหรือไม่.....	156
ตาราง ข.4	การวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อทดสอบว่าประสิทธิภาพของการกำจัด TSS ของระดับน้ำคูใด และชนิดพืชคูใด ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี Least Significant Difference.....	157
ตาราง ข.5	การวิเคราะห์ Two way ANOVA เพื่อดูว่าประสิทธิภาพเฉลี่ยของพื้นที่ชุ่มน้ำ 9 แบบ ในการกำจัด BOD ₅ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ และปัจจัยเกี่ยวกับความลึกของน้ำ และพืช มีปฏิสัมพันธ์ (interaction) กันหรือไม่.....	158
ตาราง ข.6	การวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อทดสอบว่าประสิทธิภาพของการกำจัด BOD ₅ ของระดับน้ำคูใด และชนิดพืชคูใด ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี Least Significant Difference.....	159