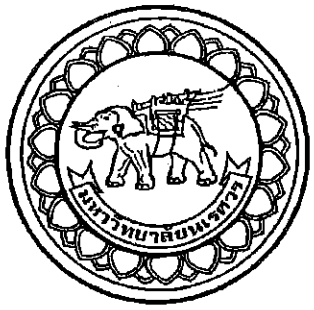


การสลายสารฟีนอลด้วยหญ้าแฝก

นางสาวดารัตน์ สังส้ม รหัส 54361718

นางสาวพิมพ์ชนก เลิศรสนันทการ รหัส 54361763

CD-STL4

1691181X

2557

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2557

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การสลายสารฟีนอลด้วยหญ้าแฝก		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวดารัตน์	สังสัม	รหัส 54361718
	นางสาวพิมพ์ชนก	เลิศรสนันทการ	รหัส 54361763
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์		
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
ปีการศึกษา	2557		

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ดร. ธนพล เพ็ญรัตน์)

.....กรรมการ
(ดร. วิลาวัลย์ คณิตชัยเดชา)

.....กรรมการ
(อาจารย์ อำพล เตโชวาณิชย์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การสลายสารฟีนอลด้วยหญ้าแฝก		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวดารัตน์	สังสัม	รหัส 54361718
	นางสาวพิมพ์ชนก	เลิศรสนันทการ	รหัส 54361763
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์		
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
ปีการศึกษา	2557		

บทคัดย่อ

การศึกษาการสลายสารฟีนอลด้วยหญ้าแฝก มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารฟีนอลด้วยหญ้าแฝกและการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกในน้ำที่ปนเปื้อนสารฟีนอล เพื่อหาจำนวนต้นหญ้าแฝกต่อแพขนาด 40*20 cm.ที่เจริญเติบโตและสามารถอยู่รอดได้ในน้ำเสียที่ปนเปื้อนสารฟีนอลจากพื้นที่จริงโดยทำการจำลองการบำบัดสารฟีนอลด้วยหญ้าแฝกในตู้กระจกที่มีน้ำเสียปนเปื้อนสารฟีนอลปริมาณ 40 l.ความเข้มข้นสารฟีนอล 500 mg/l. จำนวน 5 ตู้ โดยจะมีการสร้างแพหญ้าแฝกจำนวน 5 แพ ใช้จำนวนต้นหญ้าแฝก 20,40,60,80 และ 100 ต้น ตามลำดับ แล้วนำแพหญ้าแฝกใส่ลงในตู้กระจก ทั้ง 5 ตู้ กำหนดชื่อPB1 ถึง PB5 ส่วนอีกหนึ่งตู้กำหนดชื่อ PB0 เป็นตู้ควบคุมไม่มีการใส่แพหญ้าแฝกลงไป ทำการวัดการเจริญเติบโตโดยการ วัดความยาวราก นับจำนวนราก จำนวนใบเขียวและใบเหลือง ของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแต่ละแพ(จำนวน 3 – 7 ต้น) และทำการเก็บน้ำตัวอย่างในแต่ละตู้เพื่อทำการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นสารฟีนอล,ค่าซีโอดี(COD),ค่าของแข็งแขวนลอย(SS),ค่าความขุ่น(turbidity) และค่ากรดไขมันระเหยง่าย(VFA) ตามเวลาที่กำหนด

ผลการทดลอง พบว่า หญ้าแฝกที่มีการเจริญเติบโตและอยู่รอดในน้ำที่ปนเปื้อนสารฟีนอลได้ดีที่สุด คือ แพหญ้าแฝกในตู้ PB3 เนื่องจากมีการงอกเพิ่มจำนวนของรากเพิ่มขึ้นในขณะที่แพหญ้าแฝกในตู้อื่นไม่ได้มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนรากแต่อย่างใด รวมทั้งยังมีจำนวนใบเขียวคงที่ในช่วงวันที่ 39 – 49 ของการทดลองในขณะที่หญ้าแฝกในแพอื่นมีจำนวนใบเขียวลงลง

ในด้านความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ พบว่า เมื่อค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลลดลง ค่าซีโอดี(COD) และ ค่าของแข็งแขวนลอย(SS) จะมีแนวโน้มลดลงตามลงไปด้วย ส่วนค่ากรดไขมันระเหยง่าย(VFA) นั้นเมื่อค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลมีแนวโน้มลดลงค่า ค่ากรดไขมันระเหยง่าย(VFA) จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนของความขุ่นนั้นมีแนวโน้มลดต่ำลงในช่วงแรกที่มีการลดลงของค่าต่างๆที่กล่าวมาข้างต้นอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อค่าต่างๆมีแนวโน้มลดช้าลงค่าความขุ่นได้มีค่าเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้ง

เมื่อวิเคราะห์ผลทุกพารามิเตอร์เปรียบเทียบกันแล้วสรุปได้ว่าจำนวนต้นหญ้าแฝกที่เหมาะสม สำหรับแพขนาด 40*20 cm. คือ แพหญ้าแฝกในถัง PB3 ซึ่งมีจำนวนหญ้าแฝก 60 ต้น เพราะประสิทธิภาพในการสลายสารฟีนอลของแพหญ้าแฝกในถัง PB3 ซึ่งมีจำนวนหญ้าแฝก 60 ต้น และ PB5 ซึ่งมีจำนวนหญ้าแฝก 100 ต้น มีความสามารถที่ใกล้เคียงกันเราจึงเลือกใช้จำนวนแพที่ใช้จำนวนต้นหญ้าแฝกที่น้อยกว่าเพื่อความประหยัดและคุ้มค่าในการใช้ ทรัพยากร

Project title

Name	Ms. Darat Sungsom	ID. 54361718
	Ms. Pimchanok Lertrotnuntakan	ID. 54361763
Project advisor	Dr. Tanapon Phenrat	
Major	Environmental Engineering	
Department	Civil Engineering	
Academic year	2014	

Abstract

The study of Phenol dissolving with Vetiver grass, the purpose is to determine the therapeutic efficacy of Phenol substances with Vetiver grass and the growth of Vetiver grass in water contaminated with Phenol to quantify the grass per raft size 40 * 20 cm and about the growth and survival in water contaminated with Phenol from the real environment by using the simulation Phenol with Vetiver grass of water contaminated with Phenol in a glass cabinet 40 L., concentrate Phenol 500 mg / L. in 5 cabinets. 40 Liter, concentrated Phenol 500 mg / l., numbered the 5 cabinets and use 5 rafts of 20,40,60,80 and 100 Vetiver grass raft respectively and then put the Vetiver grass rafts in the 5 glass cabinets.Name PB1 to PB5 and another cabinet named PB0 is a controlled with no Vetiver raft. Measure the growth of Vetiver raft by measuring the length of root, roots quantity and green and yellow leaves of the Vetiver grass samples in each raft (of 3-7 plants) and collected water samples in each cabinet in order to analyze the concentration of Phenol , COD, the suspended solids (SS), turbidity and the volatile fatty acids (VFA) as scheduled.

The results showed that the Vetiver grass is growing and survive in water contaminated with Phenol best in PB3 raft due to the increase number of roots in the grass patch and for other cabinets did not have an increase in the number of roots at all and also the same amount of green leaves during days 39-49 of the experiment, while the grass in another cabinets decrease the amount of green leaves.

The relationship of various parameters showed that when the concentration of Phenol decreased.COD and suspended solids (SS) are likely to decrease as well. When the concentration of Phenol is decreased, the Volatile fatty acids (VFA) will likely to increase.The turbidity is likely to decrease in the first period with the decrease of the values mentioned above quickly. But when the values tend to slow down, the turbidityvalues have increased again.

When analyzing the results of all parameters in a comparison, the conclusion is that the proper amount of Vetiver grass is the raft size 40 * 20 cm, PB3, which Vetiver amount is 60. Because the performance of Phenol degradation in PB3, 60 Vetiver grass and PB5, 100 Vetiver grass have close ability. Then we use the 60 Vetiver grass for the saving and cost-effective in using resources.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดีได้โดยได้รับการสนับสนุนจาก ดร. ธนพล เพ็ญรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งได้เสียสละเวลาในการให้คำปรึกษาและคำแนะนำ รวมถึงแนวทางการแก้ไขปัญหาในระหว่างการทำการศึกษาโครงงานนี้

ผู้ดำเนินโครงงานขอขอบพระคุณ ดร. วิลาวัลย์ คณิตชัยเดชา และ อาจารย์อำพล เตโชวาณิชย์ รวมถึงอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้และข้อเสนอแนะต่างๆ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ในฝ่ายต่างๆสำหรับการประสานงานและคำแนะนำในการดำเนินโครงงานที่ดีตลอดระยะเวลาในการทำปริญญานิพนธ์

ผู้ดำเนินงานหวังว่า ข้อมูลในโครงงานฉบับนี้ คงเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจในด้านการสลายสารฟีนอลด้วยหญ้าแฝกไม่มากก็น้อย

ผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม

นางสาวดารัตน์ สังส้ม

นางสาวพิมพ์ชนก เลิศรสนันทการ

สารบัญ

บทที่ หน้า

1 บทนำ....1

ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน....1
วัตถุประสงค์ของโครงงาน....1
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ....2
ขอบเขตการทำโครงงาน....2
ขั้นตอนการดำเนินงาน....2
แผนการดำเนินงาน....3
รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน....3

2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น....4
กรณีสถานการณ์การปนเปื้อนจากการลักลอบทิ้งกากของเสียอันตราย ที่ ตำบลหนองแหน....4
ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสารฟีนอล....5
ความรู้เบื้องต้นการใช้พืชบำบัดสารมลพิษ (PHYTOREMEDIATION)....6
ข้อมูลเกี่ยวกับหญ้าแฝก....8
หลักการการบัดสารฟีนอลด้วยหญ้าแฝก....9

3 วิธีการดำเนินโครงงาน....11
เตรียมจำลองการบำบัด....11
การวัดการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก....12
วัดค่าความเข้มข้นของสารฟีนอล....12
การวิเคราะห์ค่า ซีโอดี(COD)....13
การวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid, SS)....14
การวิเคราะห์ความขุ่น โดย วิธีเนฟิโลเมตริก....15
การวิเคราะห์ค่ากรดไขมันระเหยง่าย (VFA)....16

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ **หน้า**

4 ผลการทดลอง.....18

การเจริญเติบโตของหญ้าแฝก.....18

สรุปผลการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก.....40

ค่าความเข้มข้นของฟีนอลในแต่ละถัง.....41

สรุปค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลในแต่ละถัง.....46

ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD).....47

สรุปค่าซีโอดี(Chemical Oxygen Demand, COD).....51

ค่าของแข็งแขวนลอย(SS)ในน้ำ แต่ล่ะถัง.....52

สรุปค่าของแข็งแขวนลอย(SS)ในน้ำ แต่ล่ะถัง.....56

ค่าความขุ่น(Turbidity).....57

สรุปค่าความขุ่น(Turbidity).....60

ค่ากรดไขมันระเหยง่าย(VFA : Volatile Fatty Acids).....61

สรุปค่ากรดไขมันระเหยง่าย(VFA: Volatile Fatty Acids).....64

สรุปความสัมพันธ์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆและจำนวนต้นหญ้าแฝก
ที่เหมาะสมสำหรับแพขนาด 40*20 cm.....66

5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....67

สรุปผลการทดลอง.....67

ข้อเสนอแนะ.....71

เอกสารอ้างอิง.....72

สารบัญ(ต่อ)

ภาคผนวก.....73

ภาคผนวก ก ภาพหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง.....74

ภาคผนวก ข ภาพถังทดลอง(ด้านข้าง).....82

ภาคผนวก ค ภาพถังทดลอง(ด้านบน).....88

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน.....95

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4-1 แสดงจำนวนใบเขียวและใบเหลืองของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแต่ละแพ.....34

ตารางที่ 4-2 แสดงน้ำหนักของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแต่ละแพ.....38

ตารางที่ 4-3 แสดงความเข้มข้นของสารฟีนอลในแต่ละถัง ณ เวลาต่างๆ.....41

ตารางที่ 4-4 แสดงค่า COD ในแต่ละถัง ณ เวลาต่างๆ.....47

ตารางที่ 4-5 แสดงค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ในแต่ละถัง ณ เวลาต่างๆ.....52

ตารางที่ 4-6 แสดงค่าความขุ่น (Turbidity) ในแต่ละถัง ณ เวลาต่างๆ.....57

ตารางที่ 4-7 แสดงค่ากรดไขมันระเหยง่าย (VFA) ในแต่ละถัง ณ เวลาต่างๆ.....61

สารบัญกราฟ

กราฟที่ **หน้า**

4 ผลการทดลอง

กราฟ 4-1 แสดงจำนวนและความยาวของรากหญ้าแฝกในการวัด
ครั้งที่ 1 (19 ตุลาคม 2557).....18

กราฟ 4-2 แสดงความยาวของรากหญ้าแฝกเป็นเปอร์เซ็นในการวัด
ครั้งที่ 1 (19 ตุลาคม 2557).....19

กราฟ 4-3 แสดงจำนวนและความยาวของรากหญ้าแฝกในการวัด
ครั้งที่ 2 (26 ตุลาคม 2557).....20

กราฟ 4-4 แสดงความยาวของรากหญ้าแฝกเป็นเปอร์เซ็นในการวัด
ครั้งที่ ครั้งที่ 2 (26 ตุลาคม 2557).....21

กราฟ 4-5 แสดงจำนวนและความยาวของรากหญ้าแฝกในการวัด
ครั้งที่ 3 (2 พฤศจิกายน 2557).....22

กราฟ 4-6 แสดงความยาวของรากหญ้าแฝกเป็นเปอร์เซ็นในการวัด
ครั้งที่ 3 (2 พฤศจิกายน 2557).....23

กราฟ 4-7 แสดงจำนวนและความยาวของรากหญ้าแฝกในการวัด
ครั้งที่ 4 (9 พฤศจิกายน 2557).....24

กราฟ 4-8 แสดงความยาวของรากหญ้าแฝกเป็นเปอร์เซ็นในการวัด
ครั้งที่ 4 (9 พฤศจิกายน 2557).....25

กราฟ 4-9 แสดงจำนวนและความยาวของรากหญ้าแฝกในการวัด
ครั้งที่ 5 (16 พฤศจิกายน 2557).....26

กราฟ 4-10 แสดงความยาวของรากหญ้าแฝกเป็นเปอร์เซ็นในการวัด
ครั้งที่ 5 (16 พฤศจิกายน 2557).....27

กราฟ 4-11 แสดงจำนวนและความยาวของรากหญ้าแฝกในการวัด
ครั้งที่ 6 (23 พฤศจิกายน 2557).....28

กราฟ 4-12 แสดงความยาวของรากหญ้าแฝกเป็นเปอร์เซ็นในการวัด
ครั้งที่ 6 (23 พฤศจิกายน 2557).....29

กราฟ 4-13 แสดงจำนวนและความยาวของรากหญ้าแฝกในการวัด
ครั้งที่ 7 (30 พฤศจิกายน 2557).....30

สารบัญกราฟ(ต่อ)

กราฟที่ **หน้า**

กราฟ 4-14 แสดงความยาวของรากหญ้าแฝกเป็นเปอร์เซ็นในการวัด ครั้งที่ 7 (30 พฤศจิกายน 2557).....31

กราฟ 4-15 แสดงจำนวนและความยาวของรากหญ้าแฝกในการวัด ครั้งที่ 8 (7 ธันวาคม 2557) 32

กราฟ 4-16 แสดงความยาวของรากหญ้าแฝกเป็นเปอร์เซ็นในการวัด ครั้งที่ ครั้งที่ 8 (7 ธันวาคม 2557) 33

กราฟ 4-17 แสดงจำนวนใบเขียวและใบเหลืองของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพที่ 1.....34

กราฟ 4-18 แสดงจำนวนใบเขียวและใบเหลืองของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพที่ 2.....35

กราฟ 4-19 แสดงจำนวนใบเขียวและใบเหลืองของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพที่ 3.....36

กราฟ 4-20 แสดงจำนวนใบเขียวและใบเหลืองของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพที่ 4.....36

กราฟ 4-21 แสดงจำนวนใบเขียวและใบเหลืองของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพที่ 5.....37

กราฟ 4-22 แสดงน้ำหนักหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแต่ละแพ.....38

กราฟ 4-23 แสดงปริมาณความเข้มข้นสารฟีนอลในถัง PB0(ถังควบคุม).....42

กราฟ 4-24 แสดงปริมาณความเข้มข้นสารฟีนอลในถัง PB1.....42

กราฟ 4-25 แสดงปริมาณความเข้มข้นสารฟีนอลในถัง PB2.....43

กราฟ 4-26 แสดงปริมาณความเข้มข้นสารฟีนอลในถัง PB3.....43

กราฟ 4-27 แสดงปริมาณความเข้มข้นสารฟีนอลในถัง PB4.....44

กราฟ 4-28 แสดงปริมาณความเข้มข้นสารฟีนอลในถัง PB5.....45

กราฟ 4-29 แสดงค่า COD ในถัง PB0 (ถังควบคุม).....47

กราฟ 4-30 แสดงค่า COD ในถัง PB1.....48

กราฟ 4-31 แสดงค่า COD ในถัง PB2.....48

กราฟ 4-32 แสดงค่า COD ในถัง PB3.....49

กราฟ 4-33 แสดงค่า COD ในถัง PB4.....49

กราฟ 4-34 แสดงค่า COD ในถัง PB4.....50

สารบัญกราฟ(ต่อ)

กราฟที่ **หน้า**

กราฟ 4-35 แสดงค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ถัง PB0 (ถังควบคุม).....52
กราฟ 4-36 แสดงค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ถัง PB1.....53
กราฟ 4-37 แสดงค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ถัง PB2.....53
กราฟ 4-38 แสดงค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ถัง PB3.....54
กราฟ 4-39 แสดงค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ถัง PB4.....54
กราฟ 4-40 แสดงค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ถัง PB5.....55
กราฟ 4-41 แสดงค่าความขุ่น (Turbidity) ถังPB1.....58
กราฟ 4-42 แสดงค่าความขุ่น (Turbidity) ถังPB2.....58
กราฟ 4-43 แสดงค่าความขุ่น (Turbidity) ถังPB3.....59
กราฟ 4-44 แสดงค่าความขุ่น (Turbidity) ถังPB4.....59
กราฟ 4-45 แสดงค่าความขุ่น (Turbidity) ถังPB5.....60
กราฟ 4-46 แสดงค่ากรดไขมันระเหยง่าย (VFA) ถังPB0 (ถังควบคุม) 61
กราฟ 4-47 แสดงค่ากรดไขมันระเหยง่าย (VFA) ถังPB1.....62
กราฟ 4-48 แสดงค่ากรดไขมันระเหยง่าย (VFA) ถังPB2.....62
กราฟ 4-49 แสดงค่ากรดไขมันระเหยง่าย (VFA) ถังPB3.....63
กราฟ 4-50 แสดงค่ากรดไขมันระเหยง่าย (VFA) ถังPB4.....63
กราฟ 4-51 แสดงค่ากรดไขมันระเหยง่าย (VFA) ถังPB5.....64

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

รูปภาพที่ : 2-1 การปลูกหญ้าแฝกแบบทุ่นลอยเพื่อสลายสารฟีนอล
ในน้ำเสียอุตสาหกรรมลักลอบทิ้งในบ่อที่ถูกลักลอบทิ้ง.....9
รูปภาพที่ : 2-2 กลไกการสลายสารฟีนอลด้วย H_2O_2และ Peroxidase
ที่ผลิตจากรากหญ้าแฝก.....10

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากในปัจจุบันมีเหตุการณ์ลักลอบทิ้งกากของเสียและน้ำเสียทางอุตสาหกรรมเกิดขึ้นในหลายพื้นที่ ซึ่งกากของเสียและน้ำเสียเหล่านั้นมักมีสารอันตรายปนเปื้อน เมื่อเกิดการลักลอบทิ้งจะทำให้เกิดการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม เช่น แหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและผู้ที่อยู่อาศัยในพื้นที่โดยรอบได้

ตัวอย่างเหตุการณ์ลักลอบทิ้งกากของเสียและน้ำเสียอุตสาหกรรม ที่เป็นข่างครึกโครมในช่วง 2 ปีที่ผ่านมา คือ กรณีที่เกิดขึ้นที่ ตำบลหนองแหน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่ได้มีการลักลอบทิ้งน้ำเสียอุตสาหกรรมลงในบ่อดินลูกรังร้าง โดยในน้ำเสียนั้นมีสารปนเปื้อนหลักที่ตรวจพบ คือ สารฟีนอล ซึ่งจัดเป็นสารพิษอันตราย และสารพิษดังกล่าวได้เกิดการปนเปื้อนลงไปในแหล่งน้ำของชุมชนซึ่งชุมชนไม่สามารถหลีกเลี่ยงการใช้น้ำจากแหล่งน้ำปนเปื้อนเพื่ออุปโภคและบริโภคได้ ซึ่งจากเหตุการณ์ดังกล่าว พบว่า มีผู้ได้รับผลกระทบในพื้นที่ ตำบลหนองแหน ได้รับผลกระทบมากที่สุดจำนวน 2 หมู่บ้าน คือ หมู่ที่ 7 และ หมู่ที่ 12 โดยมีประชากรรวม 1972 คน คิดเป็นจำนวน 859 หลังคาเรือน และยังมีหมู่บ้านที่ได้รับผลกระทบบางส่วนอีก 4 หมู่บ้าน คือ หมู่ที่ 1,6,9 และหมู่ที่ 14 ซึ่งส่วนใหญ่จะได้รับผลกระทบจากกลิ่นเหม็น และขาดแคลนน้ำที่ใช้ในการอุปโภคและบริโภค เนื่องจากชาวบ้านไม่มั่นใจในแหล่งน้ำที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จากปัญหาที่เกิดขึ้นจึงจำเป็นต้องมีการวางระบบบำบัดน้ำที่ปนเปื้อนสารพิษเป็นอย่างแรกเพื่อที่จะให้ชาวบ้านมั่นใจและสามารถใช้น้ำในการอุปโภคและบริโภคได้อย่างปลอดภัย

ด้วยเหตุนี้คณะวิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องมีการแก้ปัญหาดังกล่าว จึงได้ทำการทดลองบำบัดสารฟีนอลด้วยหญ้าแฝกโดยใช้แพหญ้าแฝกสลายสารฟีนอลในน้ำเสียลักลอบทิ้ง โดยทำการทดลองแบบ Batch ในห้องปฏิบัติการเพื่อสร้างองค์ความรู้สำหรับการออกแบบระบบการบำบัดสารฟีนอลโดยแพหญ้าแฝกในพื้นที่ปนเปื้อนจริง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาหาประสิทธิภาพการบำบัดสารฟีนอลด้วยหญ้าแฝก

1.2.2 เพื่อศึกษาการเติบโตและการอยู่รอดของหญ้าแฝกในน้ำที่ปนเปื้อนสารฟีนอล

1.2.3 เพื่อศึกษาหาจำนวนของต้นหญ้าแฝกต่อแพขนาด 40*20 cm.ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและสามารถอยู่รอดได้ในน้ำเสียที่ปนเปื้อนสารฟีนอลจากพื้นที่จริง

1.3ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ทราบถึงประสิทธิภาพการบำบัดสารฟีนอลด้วยหญ้าแฝกและจำนวนต้นของหญ้าแฝกที่จะในแต่ล่ะแพที่เหมาะสมซึ่งสามารถนำไปต่อยอดใช้ในพื้นที่ปนเปื้อนจริงได้ รวมถึงการเจริญเติบโตและการอยู่รอดของหญ้าแฝก

1.4ขอบเขตการทำโครงงาน

1.4.1 น้ำเสียปนเปื้อนสารฟีนอลจากการจำลองในตู้กระจกที่ใส่น้ำเสีย 40 l. ความเข้มข้นของสารฟีนอล 500 mg/l.

1.4.2 ตรวจวัดค่า ความเข้มข้นของสารฟีนอล ซีโอดี(COD),ค่ากรดไขมันระเหยง่าย(VFA) ของแข็งแขวนลอย(SS)และค่าความขุ่น(Turbidity)

1.4.3 ทำการศึกษาและทดลองในห้องปฏิบัติการ ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.5ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 วางแผนการทดลอง

- กำหนดจำนวนชุดการทดลอง ความหน้าแน่นของจำนวนต้นหญ้าแฝกในแต่ล่ะชุดการทดลอง
- กำหนดว่าต้องการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ใดบ้าง และระยะเวลาการในการตรวจวัด

1.5.2 ลงมือทำการทดลอง

- เตรียมชุดการทดลอง
- ลงมือเก็บน้ำตัวอย่างเพื่อนำมาตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆตามเวลาที่กำหนด
- พารามิเตอร์ที่ต้องการตรวจวัด ได้แก่ การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแต่ละชุดการทดลอง,ความเข้มข้นของสารฟีนอล,ค่าซีโอดี(COD),ค่ากรดไขมันระเหยง่าย (VFA),ของแข็งแขวนลอย(SS) และ ค่าความขุ่น(Turbidity)

1.5.3 วิเคราะห์และสรุปผล

- นำผลจากการทดลองแต่ละพารามิเตอร์มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ พร้อมสรุปผล

1.5.4 สอบโครงงาน

1.6 แผนการดำเนินงาน

ลำดับที่	ขั้นตอนดำเนินงาน	เดือน									
		ส.ค. 57	ก.ย. 57	ต.ค.57	พ.ย. 57	ธ.ค.57	ม.ค.58	ก.พ. 58	มี.ค.58	เม.ย. 58	พ.ค. 58
1	วางแผนการทดลอง										
2	เตรียมการทดลอง										
3	ลงมือทำการทดลอง										
4	วิเคราะห์และสรุปผล										
5	จัดทำเล่ม										
6	สอบโครงงาน										

1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

1. ค่าจัดทำเล่มโครงงาน 1500 บาท
2. ค่ากระดาษ 200 บาท

รวมเป็นเงิน 1,700 บาท(หนึ่งพันเจ็ดร้อยบาทถ้วน)

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 กรณีสถานการณ์การปนเปื้อนจากการลักลอบทิ้งกากของเสียอันตราย ที่ ตำบลหนองแหน

แต่เดิมวิถีชีวิตของชาวบ้าน ตำบลหนองแหน ยึดอาชีพเกษตรกรรม บางส่วนประกอบธุรกิจฟาร์มเลี้ยงหมู จนกระทั่งปี พ.ศ. 2538 ชาวบ้านเจ้าของที่ดินได้มีการเริ่มขุดที่ดินพื้นที่ที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ใดใดขายเพื่อนำไปถมพื้นที่ก่อสร้างสนามบินในกรุงเทพมหานคร ทำให้ลักษณะพื้นที่เต็มไปด้วยบ่อดิน ดั่งนั้นเมื่อพื้นที่เต็มไปด้วยบ่อดินร้างที่ไม่ได้มีการใช้ประโยชน์ใดใดจึงเริ่มมีผู้ประกอบการผังกลบขยะและของเสียมาขอซื้อบ่อดินร้างดังกล่าว และในปี พ.ศ.2540 การทิ้งกากของเสียอุตสาหกรรมจึ่งได้เริ่มขึ้น จนถึงปี พ.ศ. 2544 ผลจากการทิ้งขยะเริ่มทำให้เกิดฝุ่นผงและกลิ่นเหม็น ในปี พ.ศ. 2548 ชาวบ้านเริ่มร้องเรียนเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้น จนกระทั่งปี พ.ศ.2550 ได้มีบริษัทเริ่มเปิดกิจการอย่างเป็นทางการโดยมีใบอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม(กรอ.) จำนวน 3 บริษัท คือ บริษัทศูนย์กำจัดของเสียไทย ดำเนินการฝังกลบขยะที่มาจากบริษัทดับเบิ้ลเอ และการทำยิบซั่ม บริษัท KSD รีไซเคิล ดำเนินกิจการคัดแยกขยะ บำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงฝังกลบขยะทั้งมีพิษ และไม่มีพิษ บริษัทฟิวชั่น ดำเนินกิจการรีไซเคิลขยะ และรีไซเคิลน้ำมัน ปัจจุบัน ตำบลหนองแหนมีโรงงาน บ่อทิ้งกากอุตสาหกรรม และบ่อน้ำเสีย (สารพิษ) รวมถึง 9 จุดซึ่งก่อนหน้าปี พ.ศ.2550 เป็นการลักลอบทิ้งก่อนโดยไม่มีใบอนุญาต ซึ่งเป็นการฝังกลบขยะที่ไม่อันตราย แต่ลักษณะของฝังกลบไม่ได้เป็นไปตามข้อกำหนด ทำให้ปัญหาเกิดเรื่องของกลิ่น พึ่งจะมีใบอนุญาตจริงๆในปี พ.ศ.2550 แต่ก็ไม่ได้มีระบบในการบำบัด เครื่องมือไม่ได้มาตรฐาน มีการทิ้งน้ำมันลงในแม่น้ำ ส่งผลเสียต่อชาวบ้านที่ทำเกษตรกรรม ชาวบ้านเลยต้องดำเนินการร้องเรียน

เจ้าหน้าที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมคนหนึ่งได้ใช้อำนาจหน้าที่ที่มีโดยตรงอยู่มาขออนุญาตเปิดโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อเอื้อประโยชน์ให้ตัวเอง คือ บริษัทฟิวชั่น เป็นบริษัทรีไซเคิลน้ำมันเครื่อง ซึ่งเปิดโรงงานในพื้นที่ใกล้กับคลองชลประทานเพียง 10 เมตร ทำให้เมื่อปล่อยน้ำเสีย น้ำจะไหลปล่อยลงกรมชลประทาน ส่งผลให้น้ำที่เกษตรกรใช้เป็นน้ำที่มีสารพิษตกค้าง มีสารฟีนอล และแคตเมี่ยม ปี พ.ศ. 2553 ชาวบ้านเริ่มได้รับผลกระทบด้านระบบทางเดินหายใจเนื่องจากกลิ่นเหม็น ชาวสวนที่อยู่ใกล้บ่อน้ำเสียเริ่มเกิดอาการเจ็บป่วย และมีผู้เสียชีวิตไปแล้ว 1 คน จนกระทั่งปี พ.ศ.2555 ชาวบ้านได้รวมตัวจับรถขนน้ำเสียของบริษัท KSD จึงได้มีการร้องเรียนปัญหาอีกครั้งจนเกิดเป็นข่าวครึกโครม ทำให้ทุกภาคส่วน ทั้งรัฐ ภาคประชาสังคม หน่วยงานวิชาการที่เกี่ยวข้องได้ยื่นมือเข้ามาให้ความช่วยเหลือ

สำหรับผลกระทบที่ชาวบ้านได้รับในปัจจุบัน คือ ปัญหาด้านสุขภาพ ปัญหาขาดแคลนอุปโภคและบริโภค ซึ่งกรมทรัพยากรน้ำบาดาลบรรเทาปัญหาโดยให้น้ำชาวบ้านใช้ในการอุปโภค-บริโภคแต่ยังไม่มีการจัดการที่ดีหรือมีวิธีการที่ถูกต้องถาวร ผลจากการนำน้ำไปตรวจสอบพบว่ามีสารพิษปนเปื้อน เช่น เหล็ก ฟีนอล มีค่าสูงเกินค่ามาตรฐานซึ่งทำให้มีผลต่อสุขภาพของชาวบ้านหนองแหน

2.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสารฟีนอล

ฟีนอล(Phenol) มีสูตรโมเลกุลว่า C_6H_6O เป็นสารกลุ่ม aromatic alcohol(หมู่ hydroxyl จับกับ benzene ring) มีน้ำหนักโมเลกุล 94.11 AMU มีลักษณะในรูปผลึกหรือของเหลวไม่มีสี หากผลึกสัมผัสกับอากาศจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน สามารถติดไฟได้ง่าย ความสามารถการละลาย 9 g./100ml. ในน้ำ (ที่มา : ผศ.ดร.วราภรณ์ พาราสุข : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)และสามารถละลายได้ดีในแอลกอฮอล, คาร์บอนเตทตระคลอไรด์, อะซิติคเอซิด, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์, คลอโรฟอร์ม, คาร์บอนไดซัลไฟด์ และเบนซีน พบได้ในอุตสาหกรรมการผลิตพลาสติกและใช้ในการผลิตสารเคมีและยาต่างๆ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการใช้ทำความสะอาดและฆ่าเชื้ออีกด้วย สารฟีนอลจัดเป็นสารก่อมะเร็ง IARC กลุ่มที่ 3 คือ สารเคมีที่ได้รับการยืนยันว่าเป็นสารก่อมะเร็งในสัตว์ และจัดอยู่ใน ACGIH กลุ่ม A4 คือ สารเคมีที่ไม่จัดว่าเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์

สาเหตุการปนเปื้อนของฟีนอลสู่สิ่งแวดล้อมมักมีแหล่งกำเนิดมากจากภาคอุตสาหกรรมที่อาจเกิดการแพร่ออกสู่สิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิต กระบวนการจัดเก็บ กระบวนการขนส่ง และกำจัดของเสีย ความเป็นพิษของฟีนอลแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ การเป็นพิษเฉียบพลัน และ ความเป็นพิษเรื้อรัง

อาการเป็นพิษเฉลียบพลัน หากสัมผัสทางผิวหนัง จะเกิดรอยแผลไหม้จากสารเคมี มีลักษณะเป็นรอยเนื้อตาย ทางการหายใจ (ไอระเหย) อาจทำให้มีอาการปวดหัว คลื่นไส้ เวียนศีรษะ และระคายเคืองทางเดินหายใจมาก หากเข้าตา จะเกิดอาการปวดตารุนแรง ตาสู้แสงไม่ได้ หากสัมผัสฟีนอลที่มีความเข้มข้นมาก สามารถทำให้เกิดการกัดกร่อนรุนแรงต่อดวงตา อาจถึงกับสูญเสียการมองเห็นบางส่วนหรือตาบอดสนิทเลยก็เป็นได้ หากรับสารโดยการกิน จะเกิดการระคายเคืองเยื่อบุทางเดินอาหาร กระเพาะ ลำไส้ หากกินในปริมาณมาก สามารถทำให้ริมฝีปากเกิดแผลไหม้พุพอง กลายเป็นรอยเนื้อตายสีขาวหรือน้ำตาล ทั้งในปากและในหลอดอาหารได้ มีอาการปวดท้อง อาเจียนและเกิดอาการแบบ systemic ตามมา

* อาการแบบ systemic ได้แก่ อาการกดระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งมีผลกดการหายใจ ตัวเขียว หายใจลำบาก เหงื่อแตก เกิดภาวะช็อก มีภาวะปอดบวมน้ำ มีผลกดการทำงานของหัวใจ เกิดภาวะความดันต่ำและหัวใจเต้นผิดจังหวะ อาจมีอาการชัก ปัสสาวะเป็นสีเข้ม อาจเกิดภาวะแทรกซ้อน ทำให้ไตวาย ตับถูกทำลาย สาเหตุการเสียชีวิตมักเป็นจากระบบไหลเวียนโลหิตล้มเหลว การหายใจและหัวใจล้มเหลว

อาการพิษเรื้อรังสามารถพบได้น้อย แต่อาจพบได้จากการสัมผัสทางการแพทย์และในการผ่าตัด การสัมผัสปริมาณน้อยเป็นเวลานานทำให้เกิดอาการอาเจียน กลืนลำบาก น้ำลายออกมาก ท้องเสีย แขนขาอ่อนแรง ปวดศีรษะ มึนงง อาจพบการทำงานตับและไตล้มเหลว ปวดกล้ามเนื้อ เบื่ออาหาร น้ำหนักลด ปัสสาวะสีเข้ม ผลต่อระบบผิวหนัง อาจพบผื่นผิวหนังอักเสบจากการสัมผัสและสีผิวเปลี่ยนแปลง (ที่มา : พญ.เกศ สัตยพงศ์ 31 พฤษภาคม 2555)

ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของสารฟีนอลจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม พ. ศ. 2539 กำหนดไว้ที่ ไม่เกิน 1 mg/l.และ, มาตรฐานคุณภาพในแหล่งน้ำผิวดินกำหนดกำหนดค่าสารฟีนอลไว้ที่ 0.005 mg/l.(แหล่งน้ำประเภท 3 คือ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อนและใช้ในการเกษตร) (ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ)

2.3 ความรู้เบื้องต้นการใช้พืชบำบัดสารมลพิษ (PHYTOREMEDIATION)

PHYTOREMEDIATION เป็นกระบวนการที่ใช้พืชในการบำบัดสิ่งปนเปื้อนบริเวณที่ปนเปื้อน สามารถประยุกต์ใช้ในการบำบัดสารมลพิษทั้งที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่อยู่ในตัวกลาง ดิน น้ำ หรือ อากาศ สิ่งที่สำคัญคือการเลือกใช้พืชในการบำบัดสารมลพิษในบริเวณที่มีการปนเปื้อนและยังจะต้องมีความเข้าใจพฤติกรรมของสารมลพิษที่จะทำการบำบัดในตัวกลางนั้น ๆ และปัจจัยร่วมอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติเพื่อช่วยให้การบำบัดมีประสิทธิภาพมากขึ้น กระบวนการบำบัดสามารถแบ่งได้ดังนี้

- **การสกัดสารมลพิษด้วยพืช(Phytoextraction)หรือการสะสมสารมลพิษในพืช (Phytoaccumulation)** เป็นการใช้พืชเพื่อบำบัดสารมลพิษที่อยู่ใน ดิน ตะกอนดิน โดยใช้พืชไปดูดซึมสารมลพิษโดยผ่านราก แล้วไปเก็บสะสมในยังส่วนต่างๆของพืช คือ เนื้อเยื่อพืชส่วนที่เป็น ลำต้น และ ใบ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่

  - การบำบัดสารมลพิษด้วยการปลูกพืชในดินแบบธรรมชาติ (Natural phytoextraction) เป็นการบำบัดสารมลพิษโดยวิธีการปลูกพืชในดินที่ปนเปื้อนด้วยสารมลพิษ แล้วทำการรดน้ำใส่ปุ๋ยเท่าที่จำเป็น ส่วนใบและลำต้นพืช ที่มีการสะสมสารมลพิษ จะถูกเก็บเกี่ยวและทำการบำบัดโดยวิธีที่เหมาะสมต่อไป พืชที่เลือกใช้ ส่วนใหญ่จะเป็นพืชที่ชอบขึ้นตามธรรมชาติอยู่แล้ว และมีความทนทานต่อความเข้มข้นของโลหะหรือสารมลพิษอื่น ๆ จะเป็นพืชที่เจริญเติบโตไม่รวดเร็วนัก และเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะมีขนาดที่ไม่ใหญ่นักและมีรากตื้น
  - การบำบัดสารมลพิษด้วยการเติมสารปรุงดินหรือสารชักนำ (Induced phytoextraction) เป็นการบำบัดสารมลพิษโดยการเลือกใช้พืชที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วตลอดอายุการเจริญเติบโต ร่วมกับการเติมสารปรับปรุงดินหรือสารชักนำ (inducing agent) เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของสารมลพิษสู่พืชมากขึ้นเพื่อทำให้เพิ่มขีดความสามารถในการบำบัดสารมลพิษ

- **การกรองสารมลพิษด้วยรากพืช(Rhizofiltration)** เป็นกระบวนการที่เลือกใช้พืชที่มีความสามารถในการกรอง ดูดซับ และรับเอาสารมลพิษต่างๆที่อยู่ในรูปแบบสารละลายบริเวณรอบๆราก พืช สารมลพิษจะสะสมเฉพาะส่วนรากของพืชเท่านั้น

- **การตรึงสารมลพิษด้วยพืช(Phytostabilization)** เป็นกระบวนการที่ใช้พืชตรึงและยึดสารมลพิษไว้ที่รากของพืช ทำให้สารมลพิษมีการเปลี่ยนรูปไปอยู่ในรูปที่เสถียรและเกิดการตกตะกอน
- **การย่อยสลายสารมลพิษด้วยพืช (Phytodegrdation)** หรือ Phyotranformation เป็นกระบวนการย่อยสลายและทำลายสารมลพิษที่ปนเปื้อนโดยการที่พืชดูดสารมลพิษเข้าไปในพืชแล้วทำการย่อยสาย ทำลาย หรือเปลี่ยนแปลงด้วยกระบวนการแมทบอลิซึมภายในพืช
- **การย่อยสลายสารมลพิษด้วยรากพืช(Rhizodegradatio)** หรือ Rhizosphere biodegration หรือ Enhanced rhizosphere biodegration เป็นการสลายตัวของสารมลพิษที่ปนเปื้อนในดินด้วยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน โดยที่รากพืชที่ยังมีชีวิตอยู่จะหลั่งสารออกมาเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทรีเลียในดิน จุลินทรีย์ เช่น ยีสต์ รา และ แบคทรีเลีย สามารถใช้หรือย่อยสารมลพิษได้โดยการใช้หรือย่อยสลายสารมลพิษได้โดยการใช้เป็นอาหารในการดำรงชีพ
- **การทำให้สารมลพิษระเหยด้วยพืช(Phytovolatilization)**เป็นกระบวนการเคลื่อนย้ายสารมลพิษปนเปื้อนอยู่ในดินหรือน้ำออกไปสู่บรรยากาศ โดยสารมลพิษซึ่งระเหยขึ้นมาจากดินด้วยแรงดึงจากนั้นแปลงสารมลพิษให้อยู่ในรูปที่ระเหยได้จากการคายน้ำ ซึ่งไม่ใช่สารพิษอีกต่อไป เพื่อปล่อยออกทางใบของพืช

(ที่มา : พันธวัศ สัมพันธ์พานิช , การฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนักด้วยพืช PHYTOREMEDIATION)

2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับหญ้าแฝก

หญ้าแฝก (Vetiver grass) เป็นพืชตระกูลหญ้าชนิดเดียวกับ ข้างโพด ข้าวฟ่าง อ้อย และ ตะไคร้ ซึ่งพบกระจายในหลายพื้นที่ แหล่งกำเนิดเดิมสันนิษฐานว่าอยู่บริเวณทางตอนกลางและตอนใต้ของประเทศอินเดียและได้แพร่กระจายลงมาครอบคลุมตลอดภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ต่อมาได้มีการนำไปปลูกในหลายเขตของโลก ลักษณะลำต้นของหญ้าแฝกมีลักษณะเป็นหญ้าที่ขึ้นเป็นกอ มีลักษณะเป็นพุ่ม ใบยาว ตั้งตรงมักพบขึ้นอยู่เป็นกลุ่มใหญ่ กอแฝกมีขนาดค่อนข้างใหญ่ โคนกอเบียดกันแน่นเป็นลักษณะเฉพาะอันหนึ่งที่แตกต่างจากหญ้าชนิดอื่นค่อนข้างชัดเจน การเจริญและการแตกกอจะมีการแตกหน่อใหม่ทดแทนต้นเก่าอยู่เสมอ โดยจะแตกหน่อออกทางก้านข้างรอบกอเดิม ทำให้กอมีขนาดขยายใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ โดยปกติหญ้าแฝกมีลำต้นสั้น ข้อ และ ปล้อง ไม่ชัดเจน ใบของหญ้าแฝกมีลักษณะแตกจากโคนกอ แคบยาว ส่วนรากถือว่าเป็นส่วนสำคัญและมีลักษณะพิเศษจึงถูกนำมาใช้ประโยชน์เป็นหลัก รากหญ้าแฝกจะมีลักษณะสานกันแน่นหยั่งลึกลงในดินเป็นแนวดิ่งไม่แผ่ขนาน มีรากแกน รากแขนง โดยเฉพาะเพาะมีรากฝอยมาก ซึ่งจะแตกต่างจากหญ้าชนิดอื่น หญ้าแฝกที่มีอายุประมาณ 18 เดือน รากจะเจริญเติบโตเต็มที่

หญ้าแฝกในประเทศไทยสามารถจำแนกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ หญ้าแฝกหอม (Vetiveria-zizanioides) หญ้าแฝกดอน(Vetiveria menoralis)

หญ้าแฝกหอม(Vetiveria zizanioides)

หญ้าแฝกหอมมีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี หญ้าแฝกหอมที่นำเข้ามาจากต่างประเทศส่วนใหญ่ได้แก่พันธุ์ที่นำมาจาก อินเดีย ศรีลังกา และ อินโดนีเซีย หญ้าแฝกหอมที่มีอายุประมาณ 1 ปี จะมีรากที่หยั่งลึกได้ประมาณ 1 เมตร ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับสภาพดินและความสมบูรณ์ของพืชในสภาพธรรมชาติดินร่วนปนทรายที่มีการระบายน้ำได้ดี หญ้าแฝกจะให้รากยาวที่สุด ตัวอย่างพันธ์หญ้าแฝกหอมในประเทศไทย ได้แก่ กำแพงเพชร 2, เชียงราย, สงขลา (1, 2 และ3), สุราษฎร์ธานี, ตรัง (1 และ 2), ศรีลังกา, เชียงใหม่ และ แม่ฮ่องสอน

หญ้าแฝกดอน(Vetiveria menoralis)

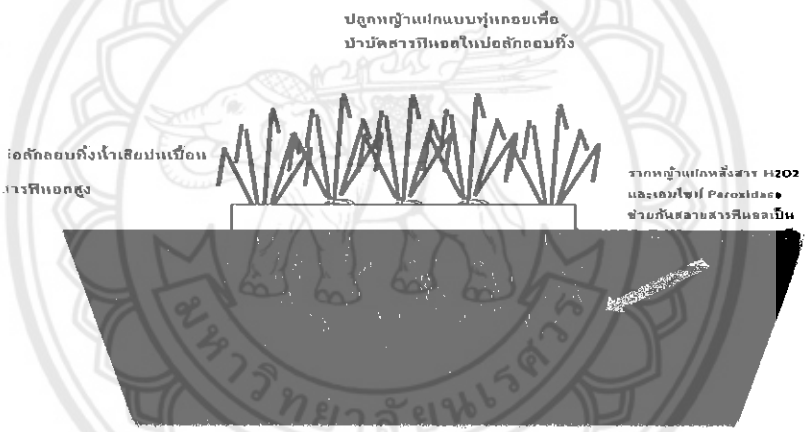
หญ้าแฝกดอน หรือ หญ้าแฝกพื้นบ้าน มีการกระจายพันธุ์อยู่ในวงแคบๆ ตามธรรมชาติเฉพาะแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ คือ ประเทศไทย ลาว เขมร เวียดนาม และ มาเลเซีย เท่านั้น หญ้าแฝกดอนจะพบได้ทั่วไปในพื้นที่ค่อนข้างแล้ง หรือ พื้นที่ดินระบายน้ำได้ดีในทุกภูมิภาคของประเทศไทย หญ้าแฝกดอนจะมีรากที่สั้นกว่าหญ้าแฝกหอม(ในช่วงอายุเท่ากัน) โดยทั่วไปหญ้าแฝกดอนที่มีอายุประมาณ 1 ปี จะมีรากลึกประมาณ80 – 100 เซนติเมตร ตัวอย่างพันธ์หญ้าแฝกดอนในประเทศไทย ได้แก่ อุดรธานี (1 และ2), นครพนม (1 และ2), ร้อยเอ็ด, ชัยภูมิ, เลย, สระบุรี (1 และ2), ห้อยขาแข้ง, กาญจนบุรี, นครสวรรค์, ประจวบคีรีขันธ์, ราชบุรี, พิษณุโลก และ กำแพงเพชร 1

(ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน ; ความรู้เรื่องหญ้าแฝก(2541))

2.5 หลักการการบัดสารฟีนอลด้วยหญ้าแฝก

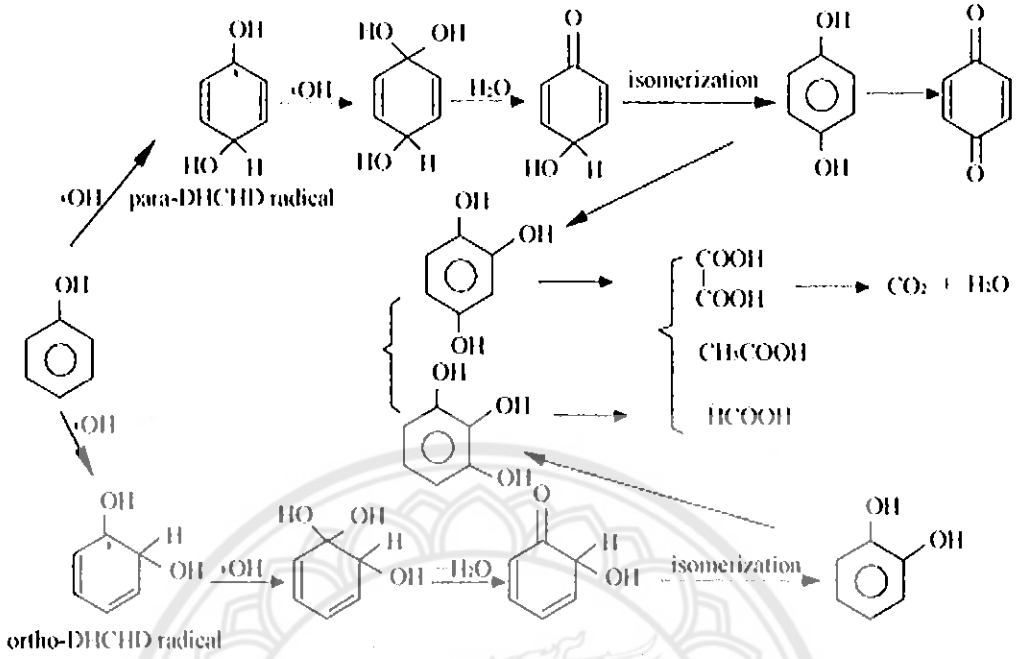
ที่ผ่านมามีงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศที่ทำให้เราทราบว่าหญ้าแฝกนั้นมีความสามารถในการดูดซับโลหะหนักได้เป็นอย่างดี แต่เมื่อไม่นานมานี้ได้มีงานวิจัยเสนอว่าหญ้าแฝกสามารถทำปฏิกิริยาสลายสารอินทรีย์อันตราย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สารฟีนอล โดย เมื่อสารฟีนอลในน้ำที่ปนเปื้อนสัมผัสเข้ากับรากของหญ้าแฝกจะสร้างความระคายเคืองแก่รากหญ้าแฝกทำให้รากของหญ้าแฝกดำเนินกลไกการป้องกันตนเองโดยหลั่งสารเคมี H_2O_2 และสารชีวเคมี Peroxidase ซึ่งทำงานร่วมกันในการสลายฟีนอลเป็นสารอินทรีย์ที่ไม่มีพิษอย่างรวดเร็วโดยสารฟีนอลจะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือสารอินทรีย์ตามธรรมชาติที่ไม่เป็นอันตราย (CH_3COOH กรดมด)

(ที่มา : การลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรม สารปนเปื้อนตกค้าง และวิศวกรรมการฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อน : ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์ (2013))



รูปภาพที่ : 2-1 การปลูกหญ้าแฝกแบบทุ่นลอยเพื่อสลายสารฟีนอลในน้ำเสียอุตสาหกรรมลักลอบทิ้งในบ่อที่ถูกลักลอบทิ้ง

ที่มา : การลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรม สารปนเปื้อนตกค้าง และวิศวกรรมการฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อน : ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์ (2013)



รูปภาพที่ : 2-2 กลไกการสลายสารฟีนอลด้วย H_2O_2และ Peroxidase ที่ผลิตจาก**รากหญ้าแฝก**

ที่มา : การลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรม สารปนเปื้อนตกค้าง และวิศวกรรมการฟื้นฟู**พื้นที่ปนเปื้อน**

: ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์ (2013)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยจะจำลองการบำบัดสารฟีนอลในน้ำเสียลักลอบทิ้งด้วยแพหญ้าแฝกในตู้กระจก เพื่อหาประสิทธิภาพการบำบัด และ การอยู่รอดของหญ้าแฝก

3.1 เตรียมจำลองการบำบัด

การเตรียมแพหญ้าแฝกและน้ำปนเปื้อนสารฟีนอล

1. วัสดุอุปกรณ์
   - แพที่ทำจากท่อ PVC ขนาด 40*20 cm. จำนวน 5 แพ
   - ตู้กระจก ขนาด
   - ต้นหญ้าแฝกที่สมบูรณ์
   - ตาข่ายพลาสติก
   - ลวด
   - ไม้ตะเกียบ
   - เชือกฟาง
   - ปั๊มเครื่องเติมอากาศ(ที่ใช้ในตู้ปลา)
2. วิธีการ
   - ตัดตาข่ายพลาสติกขนาดพอดีกับฐานของแพที่ทำจาก PVC จากนั้นทำการยึดเข้ากับแพด้วยลวดให้เรียบร้อย
   - ใช้ไม้ตะเกียบยึดเขากับแพทั้ง 4 มุม และใช้ลวดขึงล้อมรอบเอาไว้เพื่อเป็นการประคองต้นหญ้าแฝก
   - ใช้เชือกฟางขึ้นกับลวดที่ล้อมไว้เป็นล็อคเพื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างของหญ้าแฝกในแต่ละแพและสะดวกในการนำต้นหญ้าแฝกลงแพ
   - นำต้นหญ้าแฝกลงในแพ โดยมีจำนวนต้นดังนี้
     - แพที่ 1 จำนวน 20 ต้น
     - แพที่ 2 จำนวน 40 ต้น
     - แพที่ 3 จำนวน 60 ต้น
     - แพที่ 4 จำนวน 80 ต้น
     - แพที่ 5 จำนวน 100 ต้น

- เตรียมตู้ทดลองจำนวน 6 ตู้โดยใส่น้ำปริมาตร 40 l. โดยเติมสารฟีนอลให้มีความเข้มข้นสารฟีนอล 500 mg/l.
- ใส่ปั๊มเครื่องเติมอากาศ(ที่ใช้ในตู้ปลา)ลงไป
- นำแพหญ้าแฝกที่เตรียมไว้แล้วมาลอยในตู้กระจกทั้ง 5 ตู้ ส่วนอีก 1 ตู้เป็นตู้ควบคุม

3.2 การวัดการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก

1. วัสดุอุปกรณ์
   - ไม้บรรทัด
   - แผ่นฟิวเจอร์บอร์ดสีขาว(สำหรับวางต้นหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างเพื่อถ่ายรูป
   - เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล 3 ตำแหน่ง
2. วิธีการ
   - เลือกกลุ่มตัวอย่างของต้นหญ้าแฝกในแต่ละแพ (3-7 ต้น)
   - วัดความยาวของรากและนับจำนวนราก
   - วัดความยาวใบ
   - นับจำนวนใบเขียวและใบเหลือง
   - ชั่งน้ำหนัก

3.3 วัดค่าความเข้มข้นของสารฟีนอล

1. วัสดุอุปกรณ์
   - เครื่อง spectrometer สำหรับวัดฟีนอล
   - บีกเกอร์
   - ขวดเก็บตัวอย่างน้ำเสีย
   - ปิเปต
2. วิธีการ
   - เตรียมน้ำตัวอย่างปริมาตร 10 ml.
   - เปิดเครื่อง กดปุ่ม Shift ค้างไว้พร้อมกับกดตัวเลข 3 7 5
   - ใส่สารตรวจสอบความเข้มข้นของสารฟีนอลตัวที่ 1 ลงในขวดตัวอย่าง ปิดฝาแล้วเขย่า

- ใส่สารตรวจสอบความเข้มข้นของสารฟีนอลตัวที่ฟีนอล 2 ลงในขวดตัวอย่าง ปิดฝาแล้วเขย่า
- ใส่สารฟีนอล 3 ปริมาตร 1 ml. ลงในน้ำตัวอย่าง ปิดฝาเขย่า
- ตั้งน้ำตัวอย่างทิ้งไว้10 นาที แล้วจึงนำใส่เครื่องอ่านค่า บันทึกผล

3.4 การวิเคราะห์ค่า ซีโอดี(COD)

1 วัสดุอุปกรณ์

- ภาชนะที่ใช้ในการย่อยสลาย (digestion vessel) หลอดทดลองที่เป็นบอโรซิลิเคตซึ่งมีขนาด 16 x 100 mm.
- heating block สำหรับตั้งหลอดทดลอง
- ตะแกรงตั้งหลอดทดลอง
- บิวเรต

2. สารเคมี

- สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต ความเข้มข้น 0.0617 โมลาร์
- กรดซัลฟิวริกรีเจนต์
- สารละลายเฟอร์โรอิน (อินดิเคเตอร์)
- สารละลายมาตรฐานเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต(FAS)ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์

3. วิธีการ

- นำหลอดทดลองที่ล้างสะอาดแล้ว อบด้วยอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- นำออกจากตู้อบแล้วทิ้งให้เย็นในอุณหภูมิห้อง
- ดูดน้ำตัวอย่าง 2.5 มล. ใส่หลอดทดลอง เติมน้ำกลั่นเพื่อเจือจาง อัตราส่วน 1: 2 คือเติมน้ำกลั่น 5 มล.
- เตรียมแบลงค์โดยใส่น้ำกลั่นลงในหลอดทดลอง 7.5 มล.
- เติมโพแตสเซียมไดโครเมต 1.5 มล.ในน้ำตัวอย่างและแบลงค์
- เติมกรดซัลฟิวริค 3.5 มล. ในน้ำตัวอย่างและแบลงค์
- นำหลอดทดลองใส่ไว้ในตะแกรงและนำเข้าตู้อบที่มีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง
- หลังจากอบครบ 2 ชั่วโมงแล้วนำออกมาตั้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

- เทลงน้ำตัวอย่างลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.
- หยดสารละลายเฟอร์โรอินอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด จะเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมน้ำเงิน
- ไตเตรทด้วยเฟอร์รัสแอมโมเนียซัลเฟต ความเข้มข้น 0.025 N ในการไตเตรทจะต้องค่อยๆ หยดสารทีละหยด เนื่องจากการถึงจุดยุติจะเร็วมาก เมื่อสารเปลี่ยนเป็นสีแดงอิฐจึงบันทึกผลบันทึกผล
- คำนวณหาค่าซีโอดีจากสูตร

สูตรการคำนวณ

$$\mathrm{COD} = \frac{(B - A) \times M \times 8 \times 1000}{C}$$

เมื่อ

A = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียเฟอร์รัสซัลเฟตที่ใช้ในการไตดตรดน้ำตัวอย่าง (ml)

B = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรดน้ำกลั่น (ml)

M = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียซัลเฟต (N)

C = ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (ml)

3.5 การวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid, SS)

1 วัสดุอุปกรณ์

- กระดาษกรองใยแก้ว GF/C เส้นผ่าศูนย์กลาง 4.7 ซม.
- ชุดกรองน้ำ
- เครื่องชั่งละเอียด
- โถทำแห้งพร้อมสารดูดความชื้น
- ตู้อบที่มีเครื่องควบคุมอุณหภูมิ
- ถ้วยอะลูมิเนียมฟอยล์
- ปากคีบ

2. วิธีการ

- นำกระดาษกรองขนาด 47 มม. ไปอบที่อุณหภูมิ 103 -105 0C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงซึ่งต้องนำกระดาษกรองวางไว้บนกระดาษฟลอยรูปถ้วย
- นำกระดาษกรองใส่ในโถดูดความชื้น 30 นาที
- นำกระดาษกรองออกมาชั่งเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่งและบันทึกผล
- ตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 100 มล. ด้วยกระบอกตวง
- นำกระดาษกรองวางบนชุดกรองน้ำและทำการกรองตัวอย่าง
- หลังจากที่กรองตัวอย่างน้ำเรียบร้อยแล้วนำกระดาษที่กรองไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 -105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- หลังจากอบกระดาษกรองเรียบร้อยแล้วนำกระดาษกรองไปทำให้แห้งในโถดูดความชื้น 30 นาที
- นำไปชั่งอีกครั้งบันทึกผลน้ำหนักกระดาษกรองที่เปลี่ยนแปลง

หมายเหตุ : ให้ใช้คีมคีบคีบกระดาษกรองทุกครั้งแทนการใช้มือจับ

สูตรในการคำนวณ

$$\text{ของแข็งแขวนลอย}\left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right) = \frac{(A-B)\times 1000}{C}$$

เมื่อ

A = น้ำหนักกระดาษกรองหลังกรอง (mg)

B = น้ำหนักกระดาษกรองก่อนกรอง (mg)

C = ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (ml)

3.6 การวิเคราะห์ความขุ่น โดย วิธีเนฟิโลเมตริก

1 วัสดุอุปกรณ์

- เครื่องวัดความขุ่นแบบเนฟิโลเมตริก

2. วิธีการ

- ทำการเปิดเครื่องโดยการกดปุ่ม PowerNephilometric
- ปรับเทียบค่าความขุ่นมาตรฐานโดยกดปุ่ม CAL เครื่องจะแสดงค่าความเข้มข้นที่จะต้องใส่ Nephilometric
- เปิดฝาเครื่องวัดความขุ่นนำค่าความขุ่นมาตรฐานที่เครื่องแสดงค่าไว้ใส่ลงไปในเครื่องวัดความขุ่น โดยให้ลูกศรบนขวดวัดความขุ่นตรงกับจุดที่แสดงไว้ในเครื่อง ปิดฝา แล้วกดปุ่ม Read เครื่องจะทำการอ่านค่า 1 นาที เมื่อเครื่องทำงานเสร็จสิ้น บนหน้าจอจะกระพริบค่าความขุ่นมาตรฐานต่อไปที่จะทำการ calibration เครื่องจะอ่านค่าตั้งแต่ 0.1, 20, 100และ 800 ตามลำดับ
- หลังจากที่ปรับเทียบค่าความขุ่นมาตรฐานเสร็จแล้ว ให้กดปุ่ม CAL เครื่องจะขึ้นค่าศูนย์ (0)
- ตวงตัวอย่างน้ำลงไปในขวดวัดความขุ่นซึ่งต้องให้น้ำอยู่ในระดับขีดที่แสดงบนขวดวัดความขุ่น เช็ดขวดให้แห้งเพื่อไม่ให้มีการปนเปื้อนต่างๆ
- ใส่ขวดวัดความขุ่นลงไปในเครื่องโดยให้ลูกศรบนขวดวัดความขุ่นตรงกับจุดที่แสดงในเครื่องใส่ลงในเครื่อง ปิดฝาแล้วกดคำว่า Read เครื่องจะทำการอ่านค่าและเมื่อค่าความขุ่นบนหน้าจอหยุดนิ่งบันทึกผล ทำการอ่าน 2-3 ครั้ง เพื่อความแม่นยำ
- บันทึกผล

3.7 การวิเคราะห์ค่ากรดไขมันระเหยง่าย (VFA)

1 วัสดุอุปกรณ์

- เตาทำความร้อน
- เครื่องวัดpH
- บิวเรต
- magnetic bar
- บีกเกอร์

2. สารเคมี

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.0335 N
- สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.5 N
- สารละลายฟีนอฟทาลีน(อินดิเคเตอร์)

3. วิธีการ

- เตรียมน้ำตัวอย่าง 25 มล.ใส่บีกเกอร์
- เติมสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.5 N จนน้ำตัวอย่างมีค่า pH ต่ำกว่า 4(ประมาณ 3.3 -3.5)
- นำบีกเกอร์น้ำตัวอย่างไปต้มเพื่อไล่กรดส่วนเกินบนเตาทำความร้อน
- นำบีกเกอร์ที่ทำการต้มไล่กรดแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
- ไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.0335 N ซึ่งต้องใช้ magnetic bar คนเพื่อให้สารละลายทั้งหมดเข้ากันวัดค่า pH ให้มีค่า 4 (ประมาณ 3.9 - 4.1)จดปริมาตรของ NaOH
- หยดสารละลายฟีนอฟทาลีน(อินดิเคเตอร์)
- ไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.0335 N จนถึงจุดยุติจะกลายเป็นสีชมพูจางๆ เช็ดค่า pH 7- 8
- จดปริมาตรของ NaOH

สูตรในการคำนวณ

$$\mathrm{VFA}\left(\frac{\mathrm{mg}}{\mathrm{l}}\right) = \frac{\mathrm{A} \times \mathrm{B} \times 6000}{C \times 0.85}$$

เมื่อ

A = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (N)

B = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ml.)

C = ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (ml)

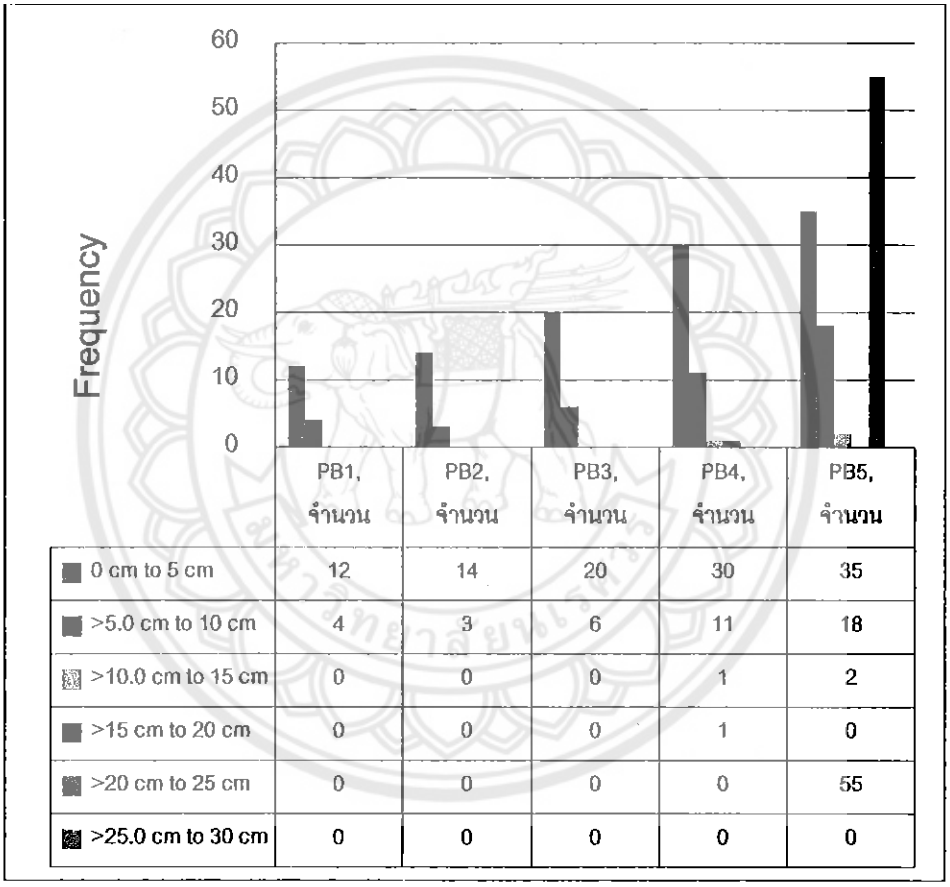
บทที่ 4

ผลการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการศึกษาหาการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกในการบำบัดน้ำที่ปนเปื้อนสารฟีนอล และหาประสิทธิภาพการบำบัดสารฟีนอลรวมไปถึงหาจำนวนต้นหญ้าแฝกที่ใช้อย่างเหมาะสม

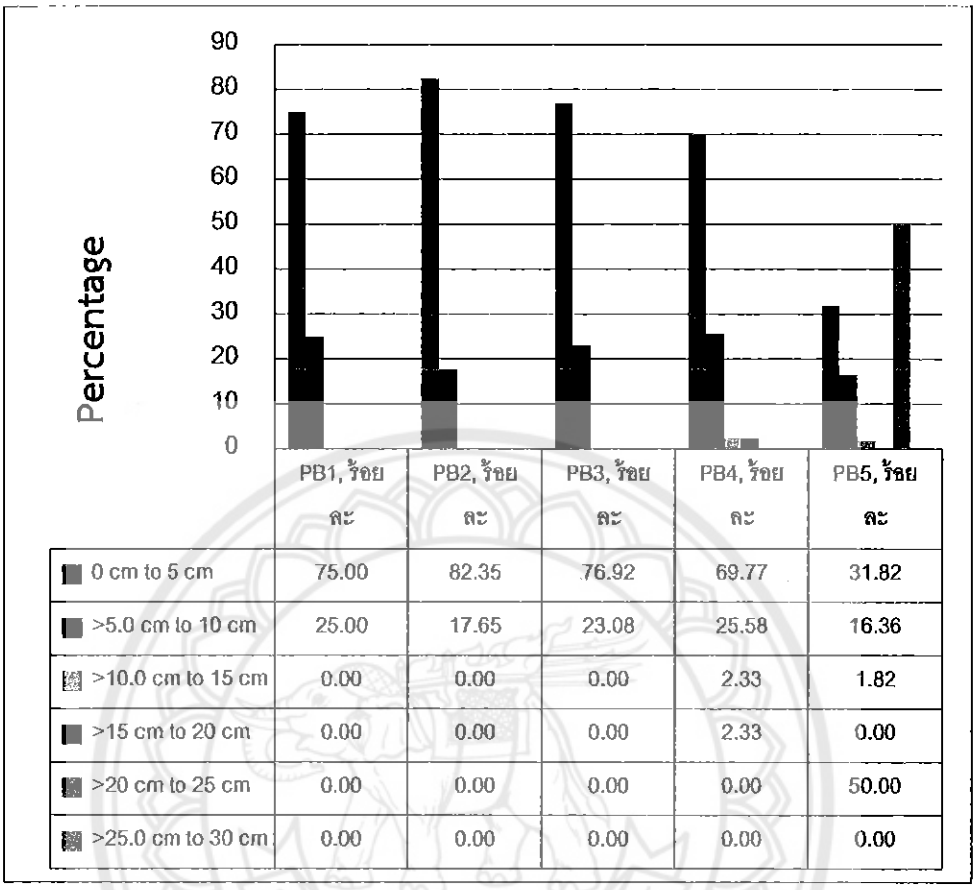
4.1 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝก

4.1.1 การวัดความยาวรากของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ครั้งที่ 1 (19 ตุลาคม 2557)



	PB1, จำนวน	PB2, จำนวน	PB3, จำนวน	PB4, จำนวน	PB5, จำนวน
0 cm to 5 cm	12	14	20	30	35
>5.0 cm to 10 cm	4	3	6	11	18
>10.0 cm to 15 cm	0	0	0	1	2
>15 cm to 20 cm	0	0	0	1	0
>20 cm to 25 cm	0	0	0	0	55
>25.0 cm to 30 cm	0	0	0	0	0

กราฟ 4-1 แสดงจำนวนและความยาวของรากหญ้าแฝกในการวัด ครั้งที่ 1 (19 ตุลาคม 2557)



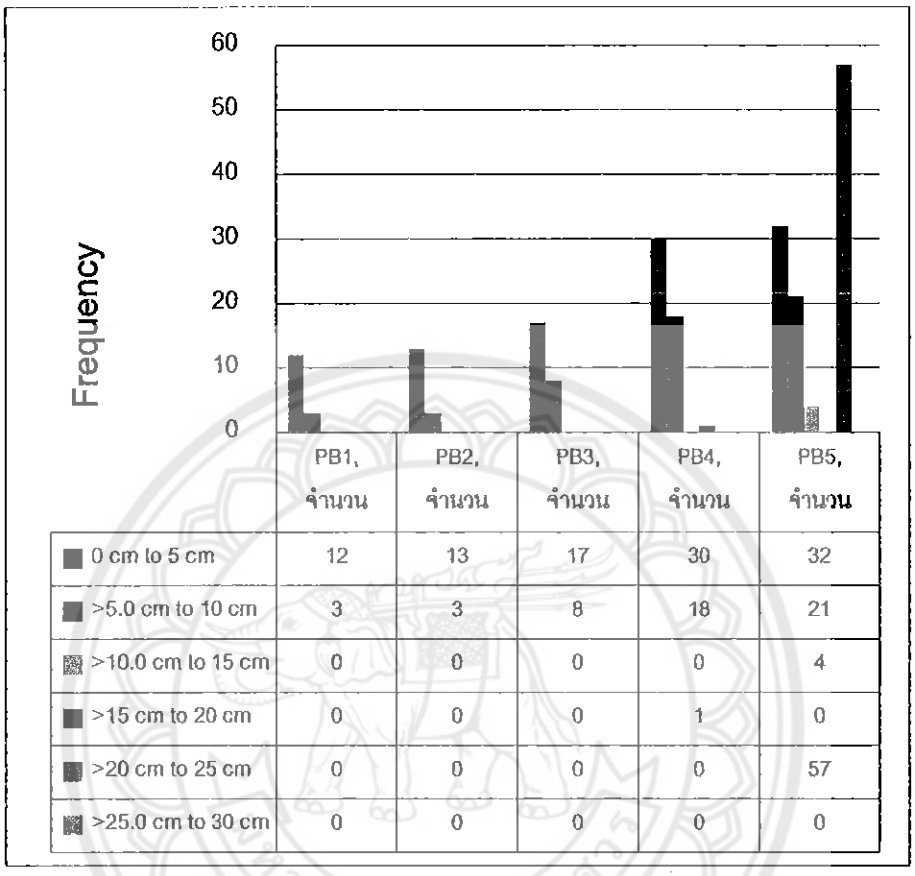
	PB1, ร้อยละ	PB2, ร้อยละ	PB3, ร้อยละ	PB4, ร้อยละ	PB5, ร้อยละ
0 cm to 5 cm	75.00	82.35	76.92	69.77	31.82
>5.0 cm to 10 cm	25.00	17.65	23.08	25.58	16.36
>10.0 cm to 15 cm	0.00	0.00	0.00	2.33	1.82
>15 cm to 20 cm	0.00	0.00	0.00	2.33	0.00
>20 cm to 25 cm	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00
>25.0 cm to 30 cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

กราฟ 4-2 แสดงความยาวของรากหญ้าแฝกเป็นเปอร์เซ็นในการวัด ครั้งที่ 1 (19 ตุลาคม 2557)

จากกราฟในการวัดครั้งนี้พบว่า ความยาวของรากหญ้าแฝกในถัง PB 1, 2,3และ4 ความยาวอยู่ในช่วง 0 cm. ถึง 5 cm. มากที่สุด โดย PB1 มี จำนวน 12 ราก คิดเป็น 75% PB2 มีจำนวน 14 ราก คิดเป็น 82.35% PB3 มีจำนวน 20 ราก คิดเป็น 76.92% PB4 มีจำนวน 30 ราก คิดเป็น 69.77%

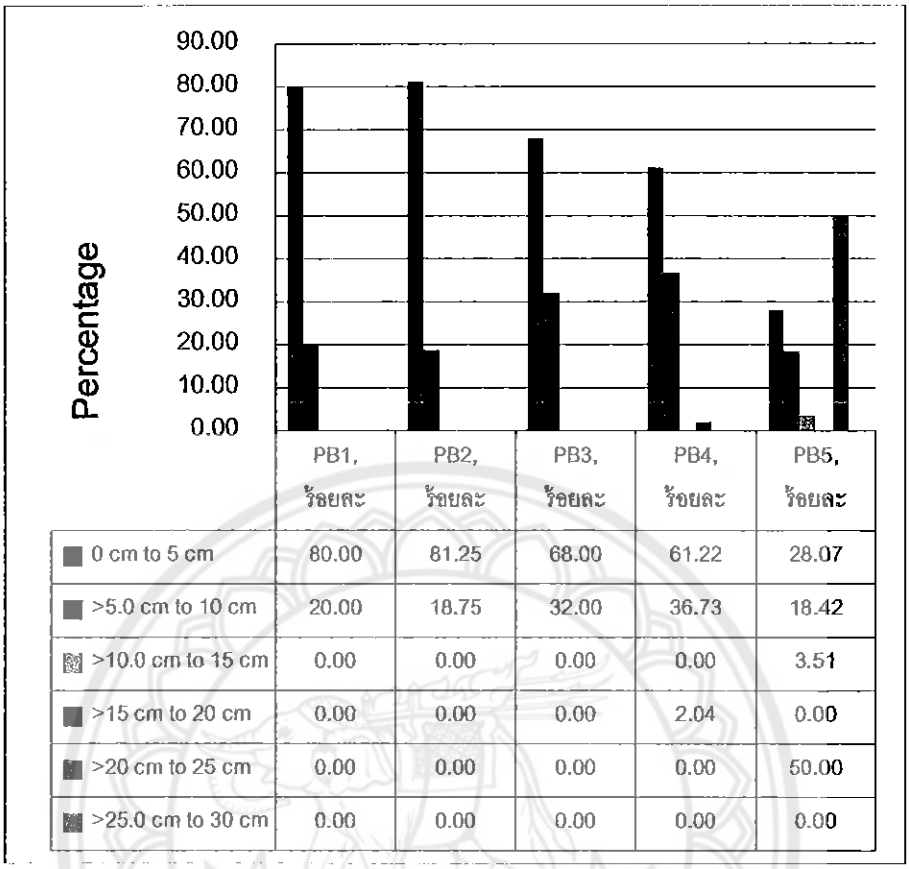
ส่วนในถัง PB5 นั้น มีความยาวรากส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 20 cm. ถึง 25 cm.โดยมีจำนวนรากในช่วงนี้ 55 ราก คิดเป็น 50% ของรากหญ้าแฝกทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่างในถังนี้

4.1.2 การวัดความยาวรากของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ครั้งที่ 2 (26 ตุลาคม 2557)



	PB1, จำนวน	PB2, จำนวน	PB3, จำนวน	PB4, จำนวน	PB5, จำนวน
0 cm to 5 cm	12	13	17	30	32
>5.0 cm to 10 cm	3	3	8	18	21
>10.0 cm to 15 cm	0	0	0	0	4
>15 cm to 20 cm	0	0	0	1	0
>20 cm to 25 cm	0	0	0	0	57
>25.0 cm to 30 cm	0	0	0	0	0

กราฟ 4-3 แสดงจำนวนและความยาวของรากหญ้าแฝกในการวัด ครั้งที่ 2 (26 ตุลาคม 2557)



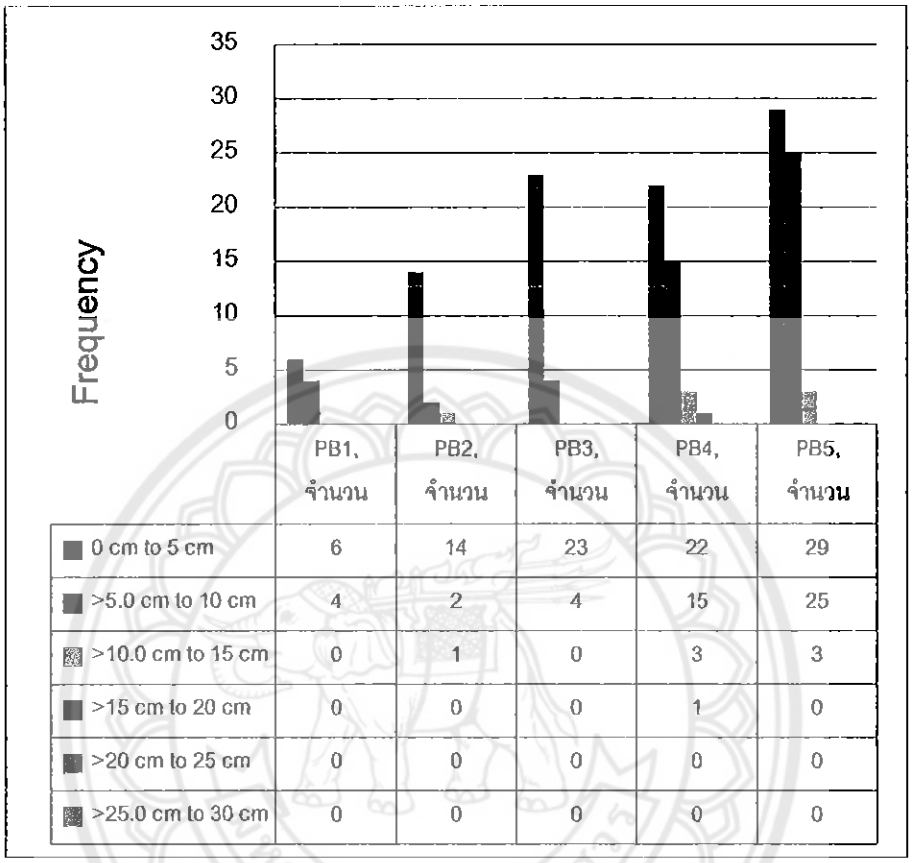
	PB1, ร้อยละ	PB2, ร้อยละ	PB3, ร้อยละ	PB4, ร้อยละ	PB5, ร้อยละ
0 cm to 5 cm	80.00	81.25	68.00	61.22	28.07
>5.0 cm to 10 cm	20.00	18.75	32.00	36.73	18.42
>10.0 cm to 15 cm	0.00	0.00	0.00	0.00	3.51
>15 cm to 20 cm	0.00	0.00	0.00	2.04	0.00
>20 cm to 25 cm	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00
>25.0 cm to 30 cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

กราฟ 4-4 แสดงความยาวของรากหญ้าแฝกเป็นเปอร์เซ็นในการวัด ครั้งที่ ครั้งที่ 2 (26 ตุลาคม 2557)

จากการกราฟในการวัดการเจริญเติบโตของหญ้าฝากกลุ่มตัวอย่างในแต่ล่ะถังในครั้งที่ 2 (26 ตุลาคม 2557) พบว่า ความยาวของรากหญ้าแฝกในถัง PB 1, 2,3และ4 ความยาวอยู่ในช่วง 0 cm. ถึง 5 cm. มากที่สุด โดย PB1 มี จำนวน 12 ราก คิดเป็น 80% PB2 มี จำนวน 13 ราก คิดเป็น 81.25% PB3 มี จำนวน 17 ราก คิดเป็น 68% โดย PB4 มี จำนวน 30 ราก คิดเป็น 61.22% และมีจำนวนรากในช่วง 10 cm. ถึง 15 cm. เพิ่มขึ้นเป็น 18 ราก คิดเป็น 61.22%

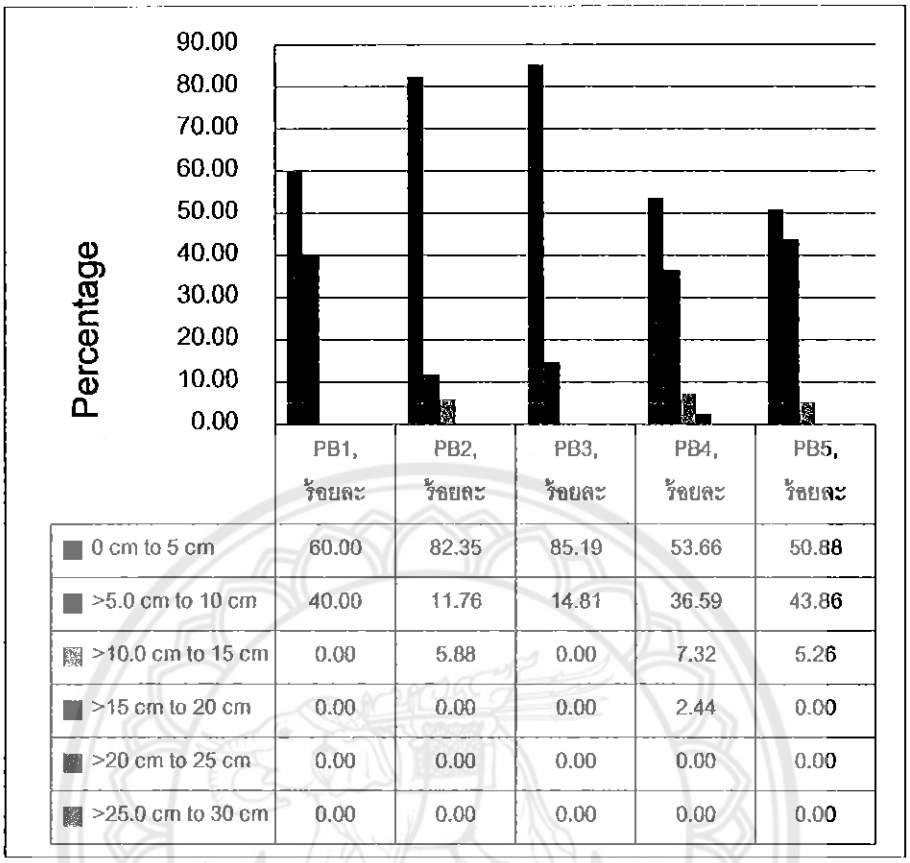
ส่วนในถัง PB5 นั้น มีความยาวรากส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 20 cm. ถึง 25 cm.โดยมีจำนวนรากในช่วงนี้ 57 ราก คิดเป็น 50% ของรากหญ้าแฝกทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่างในถังนี้

4.1.3 การวัดความยาวรากของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ครั้งที่ 3 (2 พฤศจิกายน 2557)



	PB1, จำนวน	PB2, จำนวน	PB3, จำนวน	PB4, จำนวน	PB5, จำนวน
0 cm to 5 cm	6	14	23	22	29
>5.0 cm to 10 cm	4	2	4	15	25
>10.0 cm to 15 cm	0	1	0	3	3
>15 cm to 20 cm	0	0	0	1	0
>20 cm to 25 cm	0	0	0	0	0
>25.0 cm to 30 cm	0	0	0	0	0

กราฟ 4-5 แสดงจำนวนและความยาวของรากหญ้าแฝกในการวัด ครั้งที่ 3 (2 พฤศจิกายน 2557)

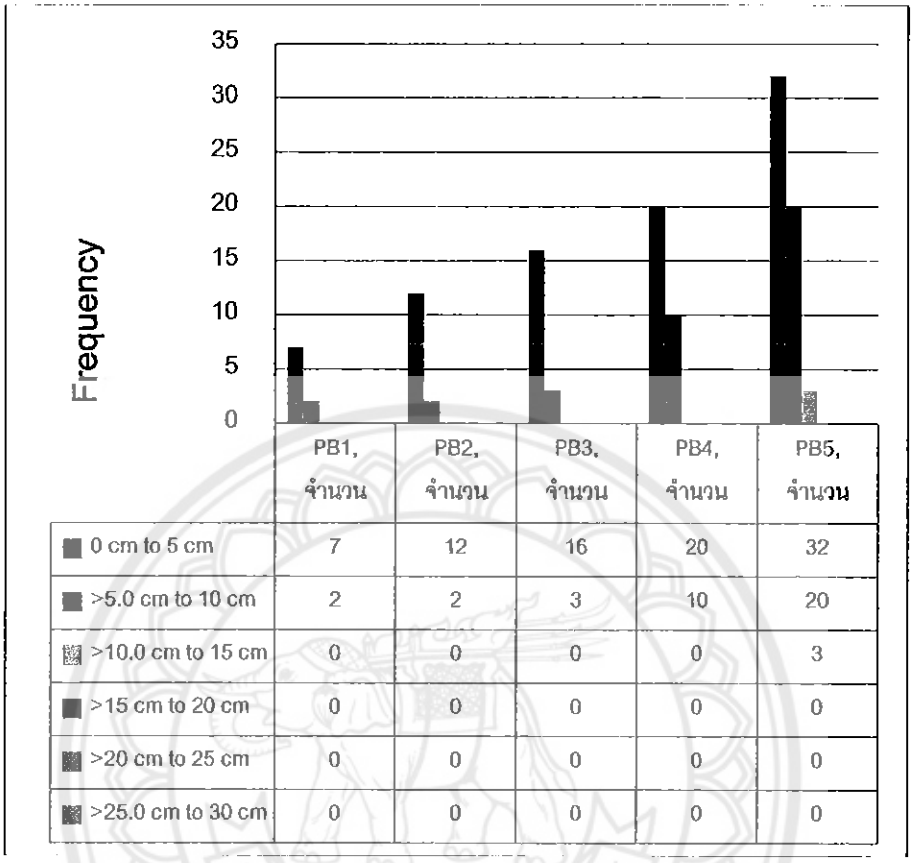


	PB1, ร้อยละ	PB2, ร้อยละ	PB3, ร้อยละ	PB4, ร้อยละ	PB5, ร้อยละ
0 cm to 5 cm	60.00	82.35	85.19	53.66	50.88
>5.0 cm to 10 cm	40.00	11.76	14.81	36.59	43.86
>10.0 cm to 15 cm	0.00	5.88	0.00	7.32	5.26
>15 cm to 20 cm	0.00	0.00	0.00	2.44	0.00
>20 cm to 25 cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
>25.0 cm to 30 cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

กราฟ 4-6 แสดงความยาวของรากหญ้าแฝกเป็นเปอร์เซ็นในการวัด ครั้งที่ 3 (2 พฤศจิกายน 2557)

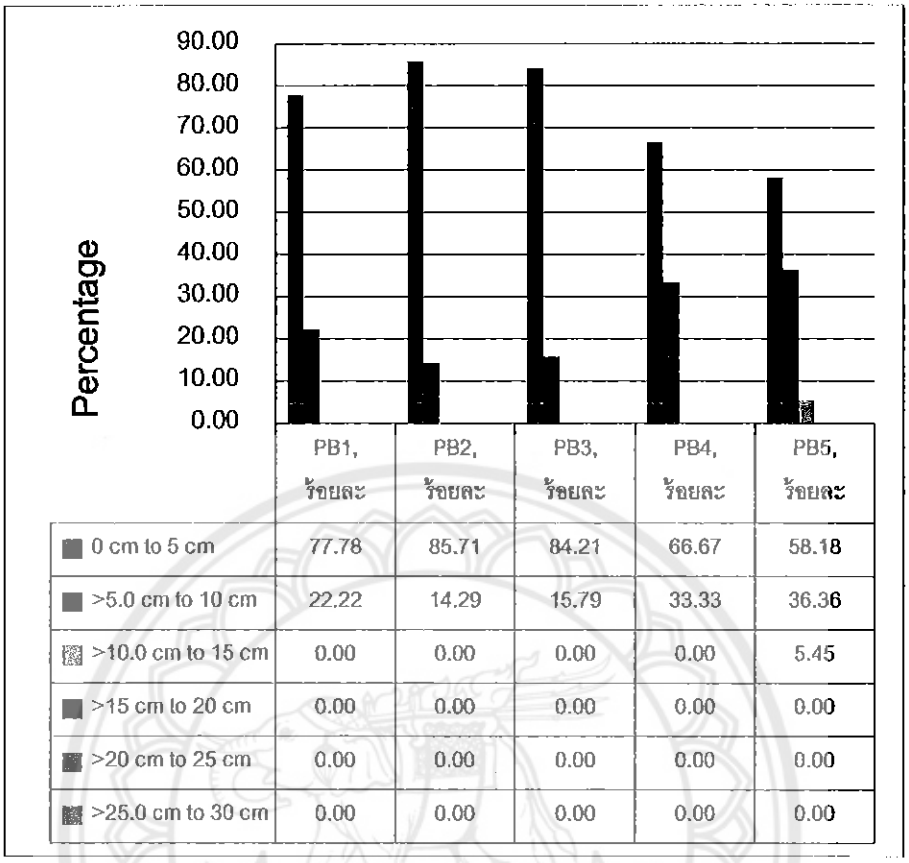
จากการกราฟในการวัดการเจริญเติบโตของหญ้าฝากกลุ่มตัวอย่างในแต่ล่ะถังใน **ครั้งที่** 3 (2 **พฤศจิกายน** 2557) พบว่า ความยาวของรากหญ้าแฝกในถัง PB 1, 2, 3, 4 และ ความยาวอยู่ในช่วง 0 cm. **ถึง** 5 cm. มากที่สุด โดย PB1 มี จำนวน 6 ราก คิดเป็น 60% PB2 มี จำนวน 14 ราก คิดเป็น 82.35% PB3 มี จำนวน 23 ราก คิดเป็น 85.19% PB4 มี จำนวน 22 ราก คิดเป็น 53.66% และ PB5 มี จำนวน 29 ราก คิดเป็น 50.88%

4.1.4 การวัดความยาวรากของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ครั้งที่ 4 (9 พฤศจิกายน 2557)



	PB1, จำนวน	PB2, จำนวน	PB3, จำนวน	PB4, จำนวน	PB5, จำนวน
0 cm to 5 cm	7	12	16	20	32
>5.0 cm to 10 cm	2	2	3	10	20
>10.0 cm to 15 cm	0	0	0	0	3
>15 cm to 20 cm	0	0	0	0	0
>20 cm to 25 cm	0	0	0	0	0
>25.0 cm to 30 cm	0	0	0	0	0

กราฟ 4-7 แสดงจำนวนและความยาวของรากหญ้าแฝกในการวัด ครั้งที่ 4 (9 พฤศจิกายน 2557)

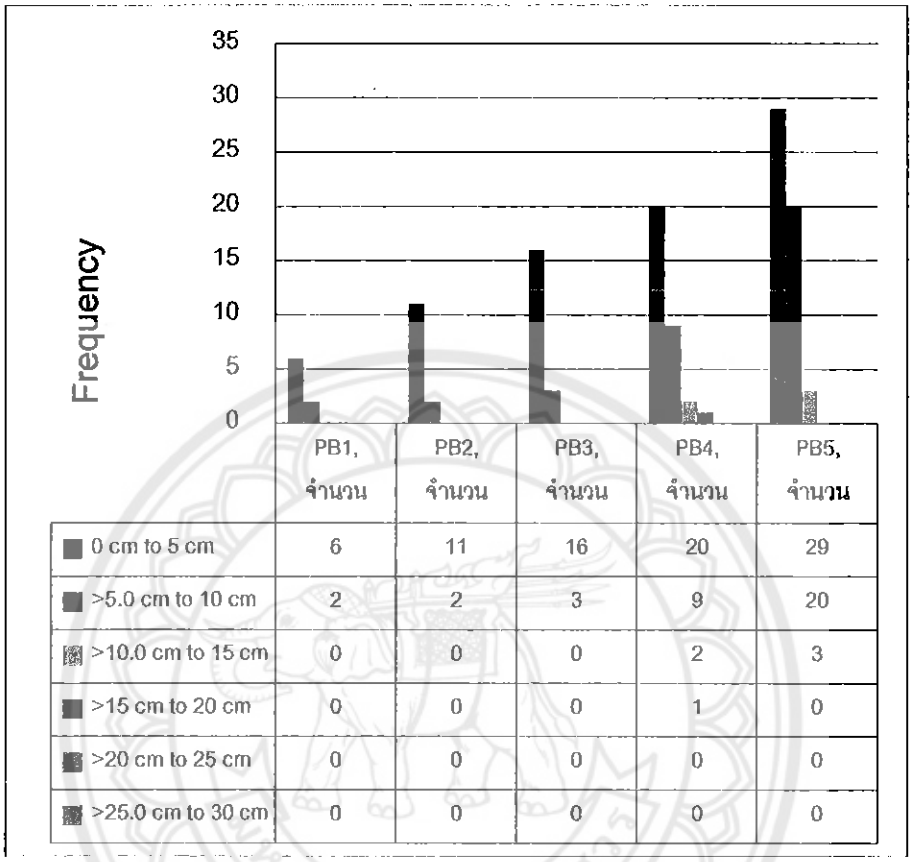


	PB1, ร้อยละ	PB2, ร้อยละ	PB3, ร้อยละ	PB4, ร้อยละ	PB5, ร้อยละ
0 cm to 5 cm	77.78	85.71	84.21	66.67	58.18
>5.0 cm to 10 cm	22.22	14.29	15.79	33.33	36.36
>10.0 cm to 15 cm	0.00	0.00	0.00	0.00	5.45
>15 cm to 20 cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
>20 cm to 25 cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
>25.0 cm to 30 cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

กราฟ 4-8 แสดงความยาวของรากหญ้าแฝกเป็นเปอร์เซ็นในการวัด ครั้งที่ 4 (9 พฤศจิกายน 2557)

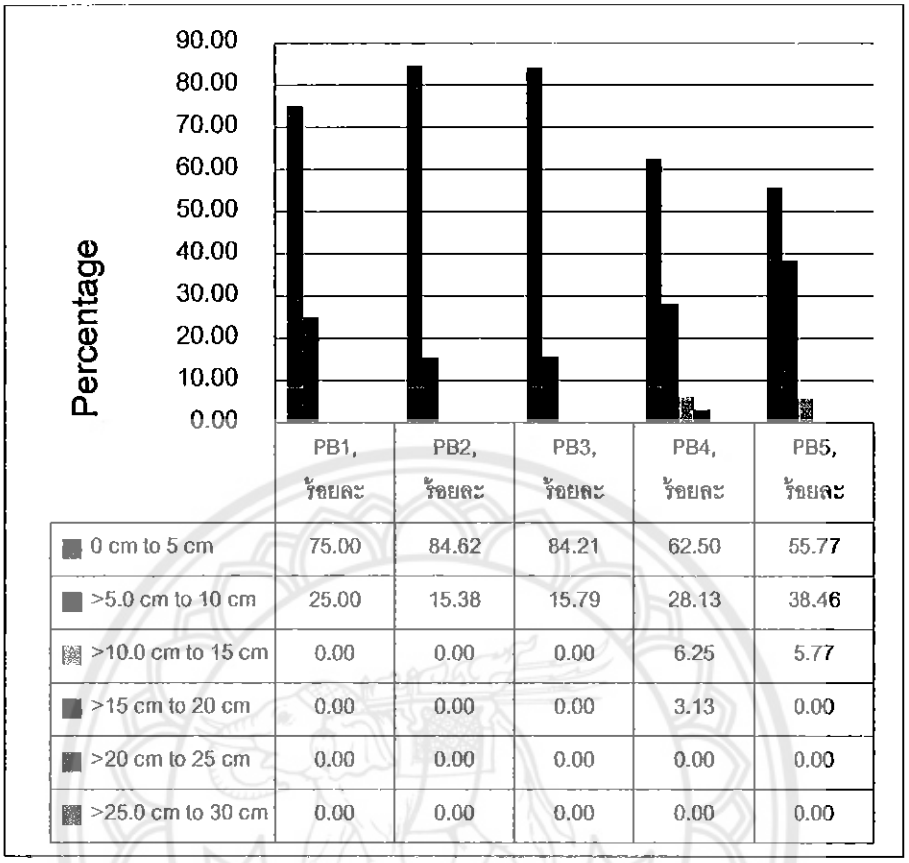
จากกราฟในการวัดครั้งนี้พบว่า ความยาวของรากหญ้าแฝกในถัง PB 1, 2, 3, 4 และ 5 ความยาวอยู่ในช่วง 0 cm. ถึง 5 cm. มากที่สุด โดย PB1 มี จำนวน 7 ราก คิดเป็น 77.78 % PB2 มี จำนวน 12 ราก คิดเป็น 85.71 % PB3 มี จำนวน 16 ราก คิดเป็น 84.21 % PB4 มี จำนวน 20 ราก คิดเป็น 66.67 % และ PB5 มี จำนวน 32 ราก คิดเป็น 58.18 %

4.1.5 การวัดความยาวรากของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ครั้งที่ 5 (16 พฤศจิกายน 2557)



	PB1, จำนวน	PB2, จำนวน	PB3, จำนวน	PB4, จำนวน	PB5, จำนวน
0 cm to 5 cm	6	11	16	20	29
>5.0 cm to 10 cm	2	2	3	9	20
>10.0 cm to 15 cm	0	0	0	2	3
>15 cm to 20 cm	0	0	0	1	0
>20 cm to 25 cm	0	0	0	0	0
>25.0 cm to 30 cm	0	0	0	0	0

กราฟ 4-9 แสดงจำนวนและความยาวของรากหญ้าแฝกในการวัด ครั้งที่ 5 (16 พฤศจิกายน 2557)

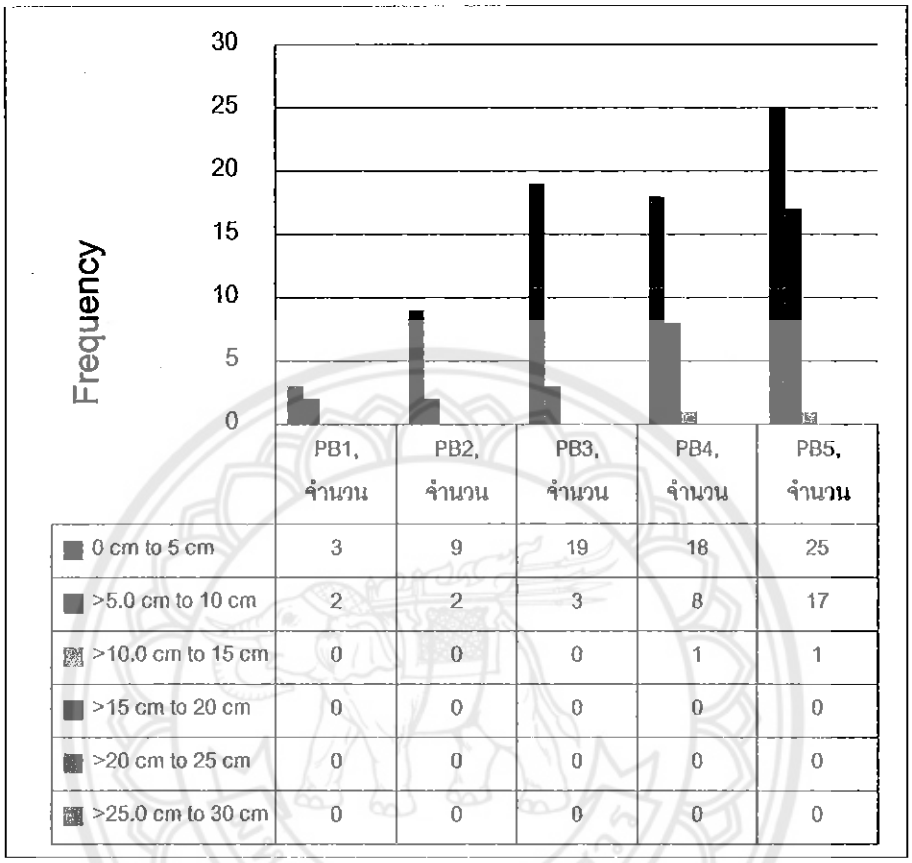


	PB1, ร้อยละ	PB2, ร้อยละ	PB3, ร้อยละ	PB4, ร้อยละ	PB5, ร้อยละ
0 cm to 5 cm	75.00	84.62	84.21	62.50	55.77
>5.0 cm to 10 cm	25.00	15.38	15.79	28.13	38.46
>10.0 cm to 15 cm	0.00	0.00	0.00	6.25	5.77
>15 cm to 20 cm	0.00	0.00	0.00	3.13	0.00
>20 cm to 25 cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
>25.0 cm to 30 cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

กราฟ 4-10 แสดงความยาวของรากหญ้าแฝกเป็นเปอร์เซ็นในการวัด ครั้งที่ 5 (16 พฤศจิกายน 2557)

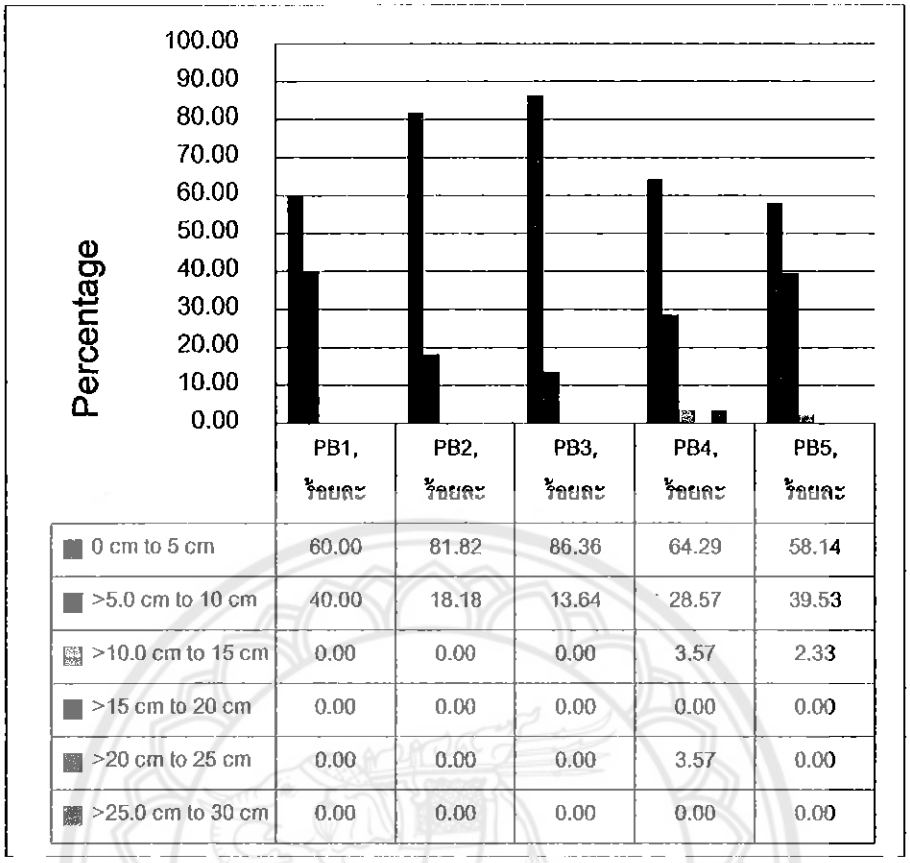
จากกราฟในการวัดครั้งนี้พบว่า ความยาวของรากหญ้าแฝกในถัง PB 1, 2, 3, 4 และ 5 ความยาวอยู่ในช่วง 0 cm. ถึง 5 cm. มากที่สุด โดย PB1 มี จำนวน 6 ราก คิดเป็น 75 % PB1 มี จำนวน 11 ราก คิดเป็น 84.62 % PB3 มี จำนวน 16 ราก คิดเป็น 84.21 % PB4 มี จำนวน 20 ราก คิดเป็น 62.50 % และ PB5 มี จำนวน 29 ราก คิดเป็น 55.77 %

4.1.6 การวัดความยาวรากของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ครั้งที่ 6 (23 พฤศจิกายน 2557)



	PB1, จำนวน	PB2, จำนวน	PB3, จำนวน	PB4, จำนวน	PB5, จำนวน
0 cm to 5 cm	3	9	19	18	25
>5.0 cm to 10 cm	2	2	3	8	17
>10.0 cm to 15 cm	0	0	0	1	1
>15 cm to 20 cm	0	0	0	0	0
>20 cm to 25 cm	0	0	0	0	0
>25.0 cm to 30 cm	0	0	0	0	0

กราฟ 4-11 แสดงจำนวนและความยาวของรากหญ้าแฝกในการวัด ครั้งที่ 6 (23 พฤศจิกายน 2557)

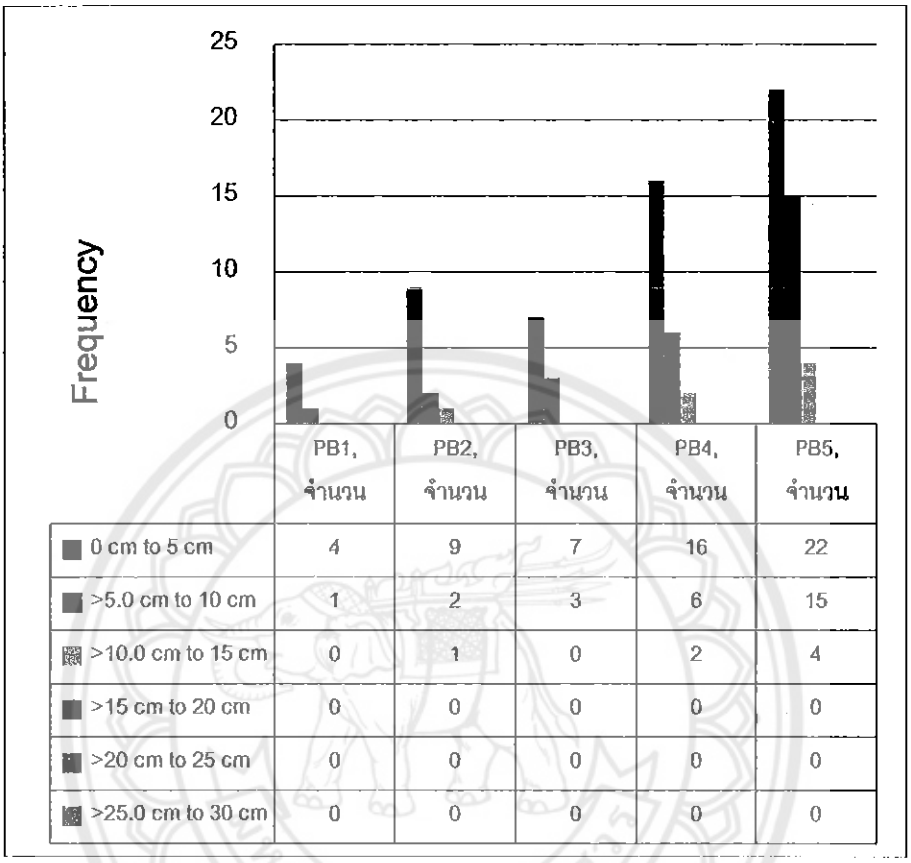


	PB1, ร้อยละ	PB2, ร้อยละ	PB3, ร้อยละ	PB4, ร้อยละ	PB5, ร้อยละ
0 cm to 5 cm	60.00	81.82	86.36	64.29	58.14
>5.0 cm to 10 cm	40.00	18.18	13.64	28.57	39.53
>10.0 cm to 15 cm	0.00	0.00	0.00	3.57	2.33
>15 cm to 20 cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
>20 cm to 25 cm	0.00	0.00	0.00	3.57	0.00
>25.0 cm to 30 cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

กราฟ 4-12 แสดงความยาวของรากหญ้าแฝกเป็นเปอร์เซ็นในการวัด ครั้งที่ 6 (23 พฤศจิกายน 2557)

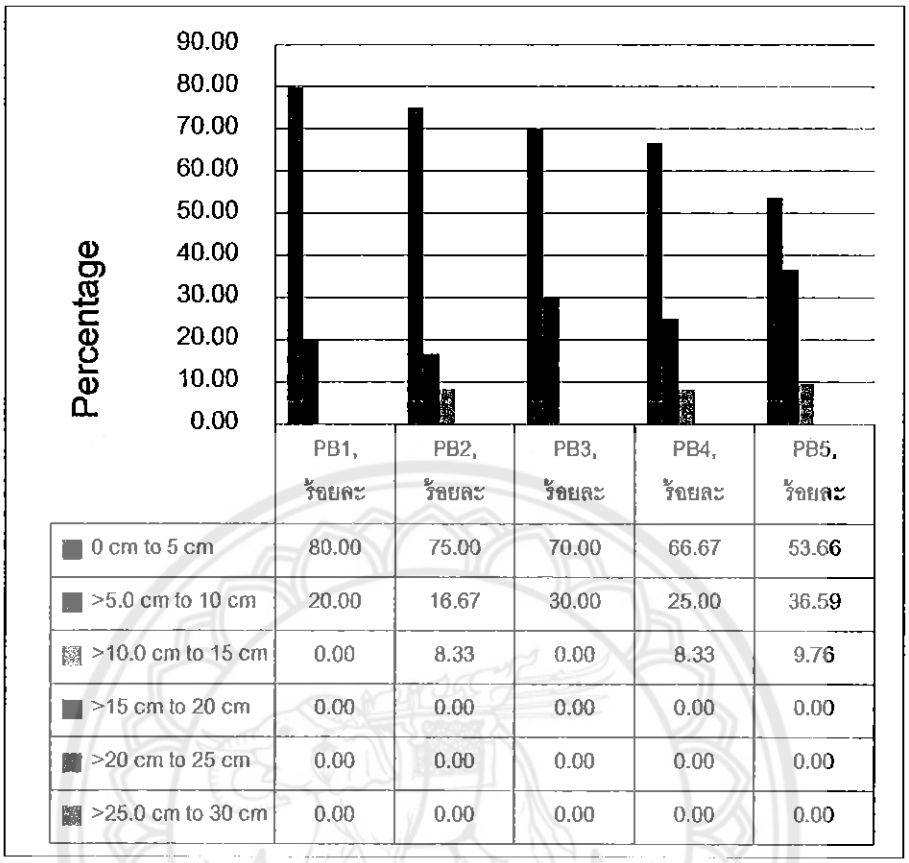
จากกราฟในการวัดครั้งนี้พบว่า ความยาวของรากหญ้าแฝกในถัง PB 1, 2, 3, 4 และ 5 ความยาวอยู่ในช่วง 0 cm. ถึง 5 cm. มากที่สุด โดย PB1 มี จำนวน 3 ราก คิดเป็น 60 % PB2 มี จำนวน 9 ราก คิดเป็น 81.82 % PB3 มี จำนวน 19 ราก คิดเป็น 86.36 % PB4 มี จำนวน 18 ราก คิดเป็น 64.29 % และ PB5 มี จำนวน 25 ราก คิดเป็น 58.14 %

4.1.7 การวัดความยาวรากของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ครั้งที่ 7 (30 พฤศจิกายน 2557)



	PB1, จำนวน	PB2, จำนวน	PB3, จำนวน	PB4, จำนวน	PB5, จำนวน
0 cm to 5 cm	4	9	7	16	22
>5.0 cm to 10 cm	1	2	3	6	15
>10.0 cm to 15 cm	0	1	0	2	4
>15 cm to 20 cm	0	0	0	0	0
>20 cm to 25 cm	0	0	0	0	0
>25.0 cm to 30 cm	0	0	0	0	0

กราฟ 4-13 แสดงจำนวนและความยาวของรากหญ้าแฝกในการวัด ครั้งที่ 7 (30 พฤศจิกายน 2557)

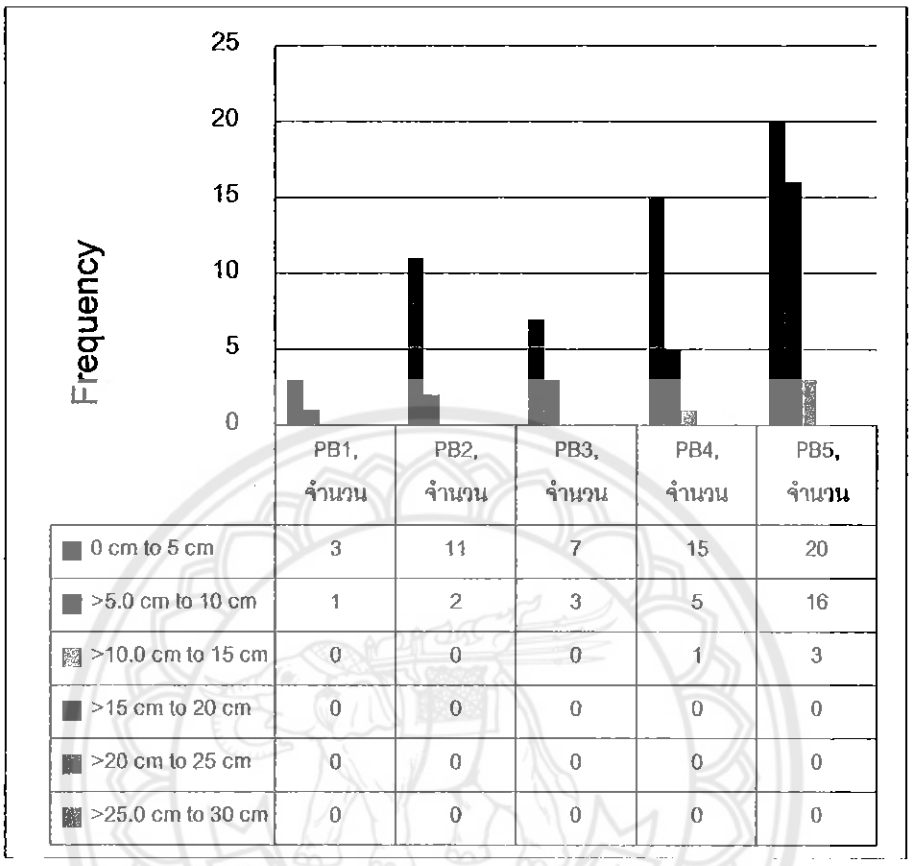


	PB1, ร้อยละ	PB2, ร้อยละ	PB3, ร้อยละ	PB4, ร้อยละ	PB5, ร้อยละ
0 cm to 5 cm	80.00	75.00	70.00	66.67	53.66
>5.0 cm to 10 cm	20.00	16.67	30.00	25.00	36.59
>10.0 cm to 15 cm	0.00	8.33	0.00	8.33	9.76
>15 cm to 20 cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
>20 cm to 25 cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
>25.0 cm to 30 cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

กราฟ 4-14 แสดงความยาวของรากหญ้าแฝกเป็นเปอร์เซ็นในการวัด ครั้งที่ 7 (30 พฤศจิกายน 2557)

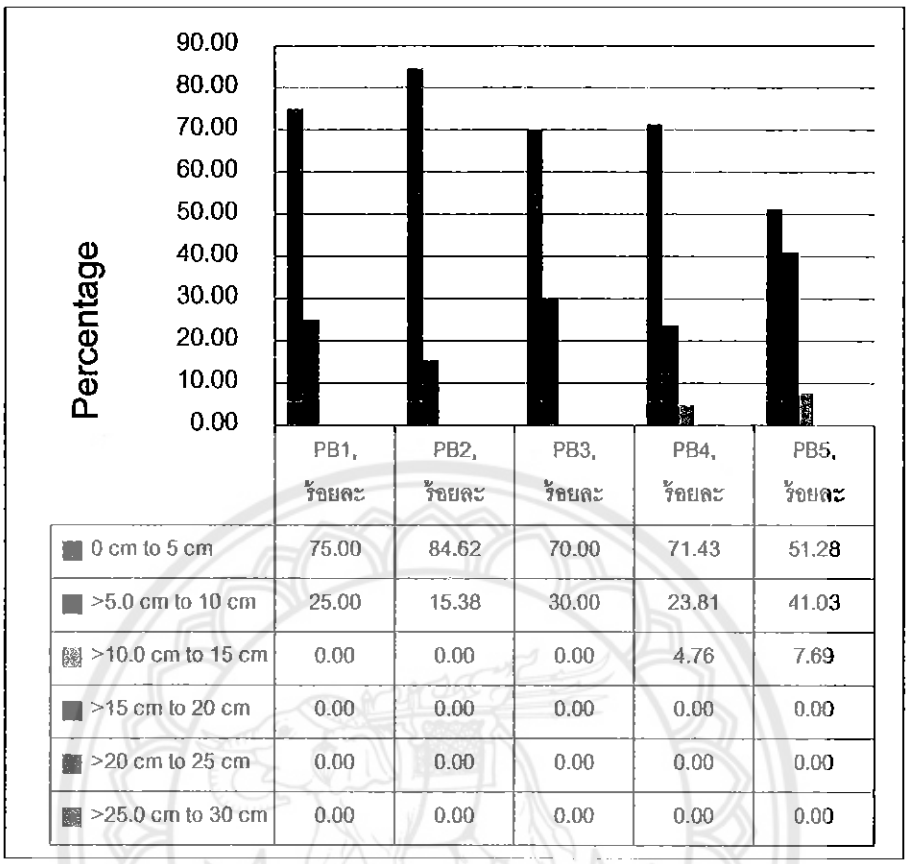
จากกราฟในการวัดครั้งนี้พบว่า ความยาวของรากหญ้าแฝกในถัง PB 1, 2, 3, 4 และ 5 ความยาวอยู่ในช่วง 0 cm. ถึง 5 cm. มากที่สุด โดย PB1 มี จำนวน 4 ราก คิดเป็น 80 % PB2 มี จำนวน 9 ราก คิดเป็น 75 % PB3 มี จำนวน 7 ราก คิดเป็น 70% PB4 มี จำนวน 16 ราก คิดเป็น 66.67 % และ PB5 มี จำนวน 22 ราก คิดเป็น 53.66 %

4.1.8 การวัดความยาวรากของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ครั้งที่ 8 (7 ธันวาคม 2557)



	PB1, จำนวน	PB2, จำนวน	PB3, จำนวน	PB4, จำนวน	PB5, จำนวน
0 cm to 5 cm	3	11	7	15	20
>5.0 cm to 10 cm	1	2	3	5	16
>10.0 cm to 15 cm	0	0	0	1	3
>15 cm to 20 cm	0	0	0	0	0
>20 cm to 25 cm	0	0	0	0	0
>25.0 cm to 30 cm	0	0	0	0	0

กราฟ 4-15 แสดงจำนวนและความยาวของรากหญ้าแฝกในการวัด ครั้งที่ 8 (7 ธันวาคม 2557)



	PB1, ร้อยละ	PB2, ร้อยละ	PB3, ร้อยละ	PB4, ร้อยละ	PB5, ร้อยละ
0 cm to 5 cm	75.00	84.62	70.00	71.43	51.28
>5.0 cm to 10 cm	25.00	15.38	30.00	23.81	41.03
>10.0 cm to 15 cm	0.00	0.00	0.00	4.76	7.69
>15 cm to 20 cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
>20 cm to 25 cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
>25.0 cm to 30 cm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

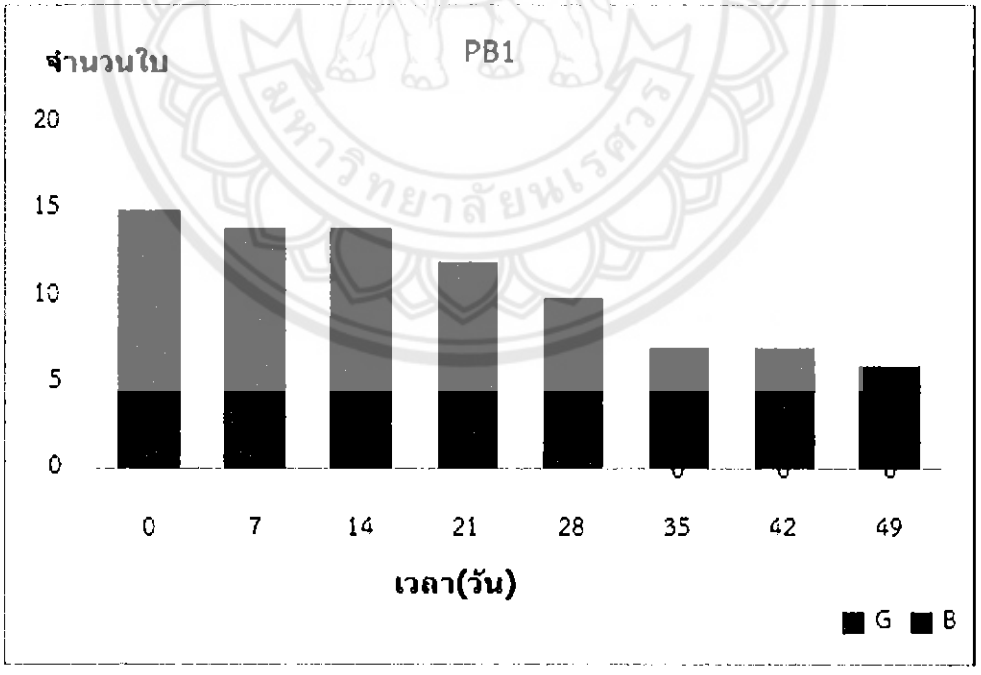
กราฟ 4-16 แสดงความยาวของรากหญ้าแฝกเป็นเปอร์เซ็นในการวัด ครั้งที่ ครั้งที่ 8 (7 **ธันวาคม** 2557)

จากกราฟในการวัดครั้งนี้พบว่า ความยาวของรากหญ้าแฝกในถัง PB 1, 2, 3, 4 **และ** 5 **ความยาว อยู่ในช่วง** 0 cm. ถึง 5 cm. **มากที่สุด** โดย PB1 **มี จำนวน** 3 ราก คิดเป็น 75 % PB2 **มี จำนวน** 11 ราก **คิดเป็น** 84.62 % PB3 มี จำนวน 7 ราก คิดเป็น 70% PB4 มี จำนวน 15 ราก คิดเป็น 71.43 % **และ** PB5 **มี จำนวน** 20 ราก คิดเป็น 51.28 %

4.1.9 การนับจำนวนใบเขียวและใบเหลืองของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแต่ละแพ

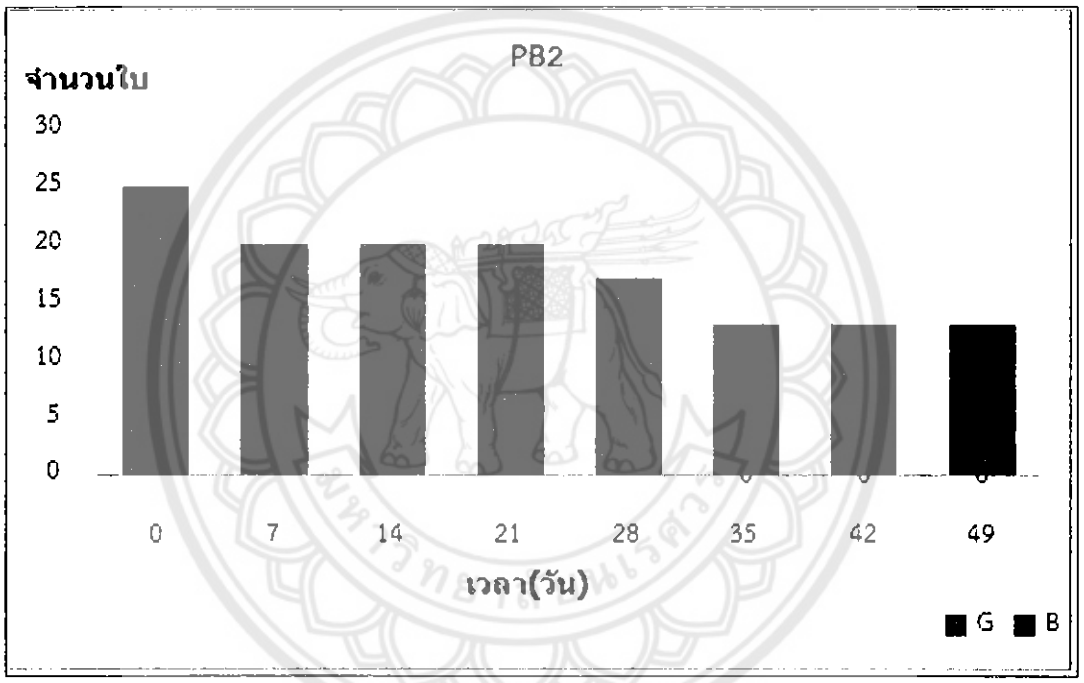
Platform	Time	19/10/2557	26/10/2557	2/11/2557	9/11/2557	16/11/2557	23/11/2557	30/11/2557	7/12/2557
		0	7	14	21	28	35	42	49
PB1	G	13	6	6	5	1	0	0	0
		2	8	8	7	9	7	7	6
PB2	G	18	15	15	7	4	0	0	0
		7	5	5	13	13	13	13	13
PB3	G	9	9	8	4	4	2	2	2
		2	3	4	8	7	9	8	8
PB4	G	22	20	16	12	4	3	2	1
		4	6	9	7	10	10	11	12
PB5	G	28	26	22	16	4	2	2	1
		4	5	9	16	27	24	22	20

ตารางที่ 4-1 แสดงจำนวนใบเขียวและใบเหลืองของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแต่ละแพ



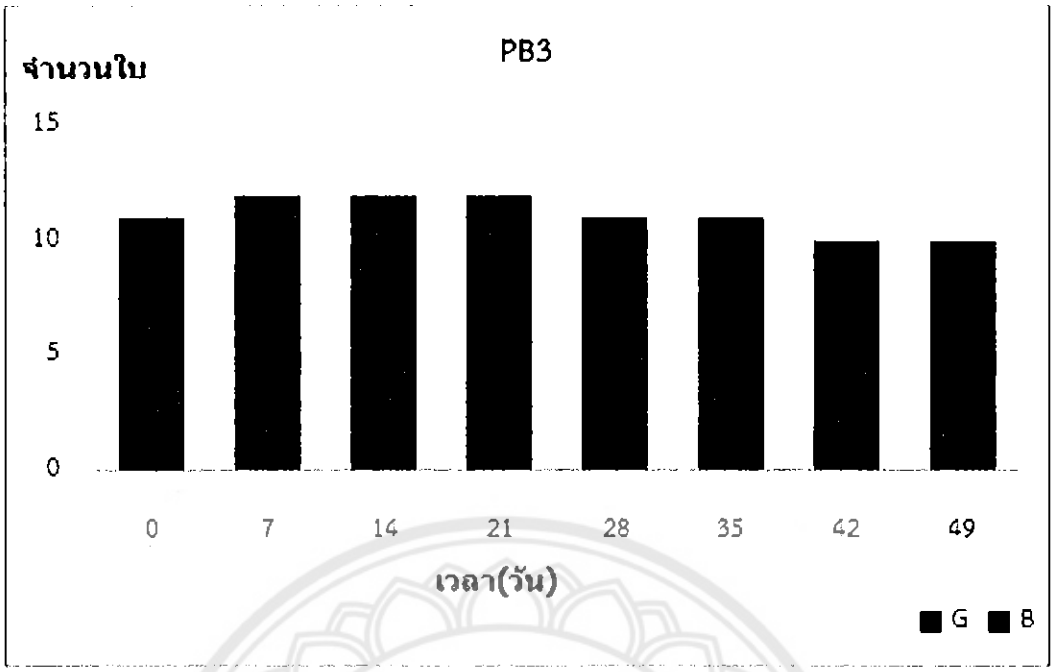
กราฟ 4-17 แสดงจำนวนใบเขียวและใบเหลืองของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพที่ 1

จากกราฟ 4-17 ครั้งแรกที่ทำการนับจำนวนใบพบว่า มีจำนวนใบเขียว 13 ใบ และจำนวนใบเหลือง 2 ใบ ต่อในการนับวันที่ 7 และ 14 ของการทดลอง พบว่ามีจำนวนใบเขียว 6 ใบ และจำนวนใบเหลือง 8 ใบและในวันที่ 21 ของการทดลอง พบว่ามีใบเขียวจำนวน 5 ใบ และใบเหลืองจำนวน 7 ใบ ในวันที่ 28 ของการทดลอง พบว่ามีใบเขียวจำนวน 1 ใบ และใบเหลืองจำนวน 9 ใบ หลังจากนั้น ในวันที่ 35 ของการทดลองเป็นต้นไป ไม่มีใบเขียวเหลืออยู่เลย



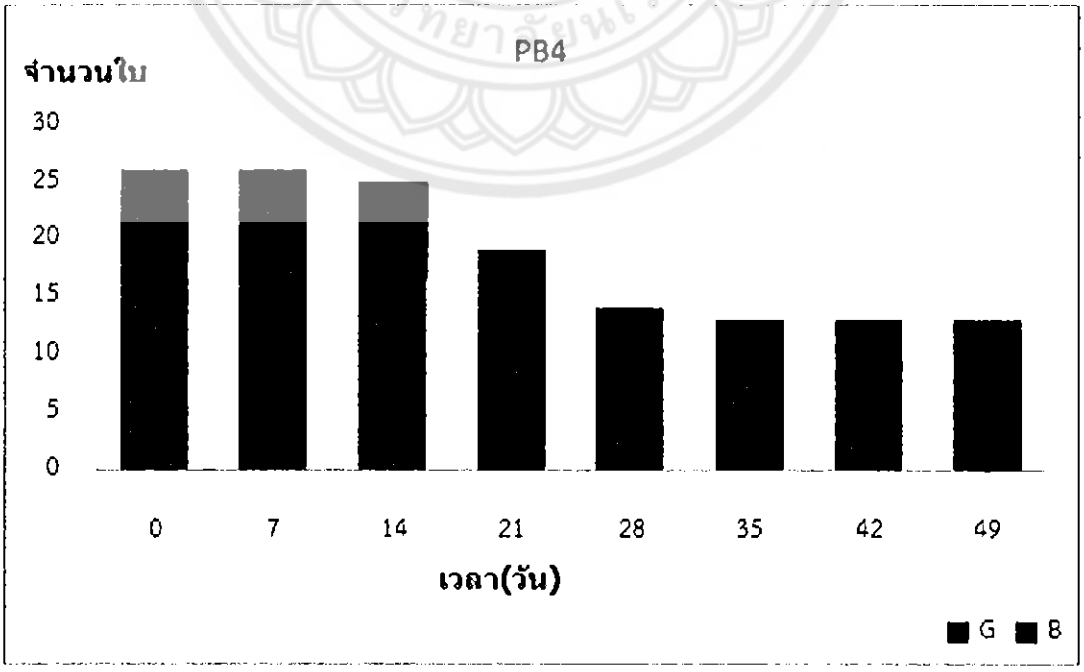
กราฟ 4-18 แสดงจำนวนใบเขียวและใบเหลืองของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพที่ 2

จากกราฟ 4-18 ครั้งแรกที่ทำการนับจำนวนใบพบว่า มีจำนวนใบเขียว 18 ใบ และจำนวนใบเหลือง 7 ใบ ต่อในการนับวันที่ 7 และ 14 ของการทดลอง พบว่ามีจำนวนใบเขียว 15 ใบ และจำนวนใบเหลือง 5 ใบและในวันที่ 21 ของการทดลอง พบว่ามีใบเขียวจำนวน 7 ใบ และใบเหลืองจำนวน 13 ใบ ในวันที่ 28 ของการทดลอง พบว่ามีใบเขียวจำนวน 4 ใบ และใบเหลืองจำนวน 13 ใบ หลังจากนั้น ในวันที่ 35 ของการทดลองเป็นต้นไป ไม่มีใบเขียวเหลืออยู่เลย



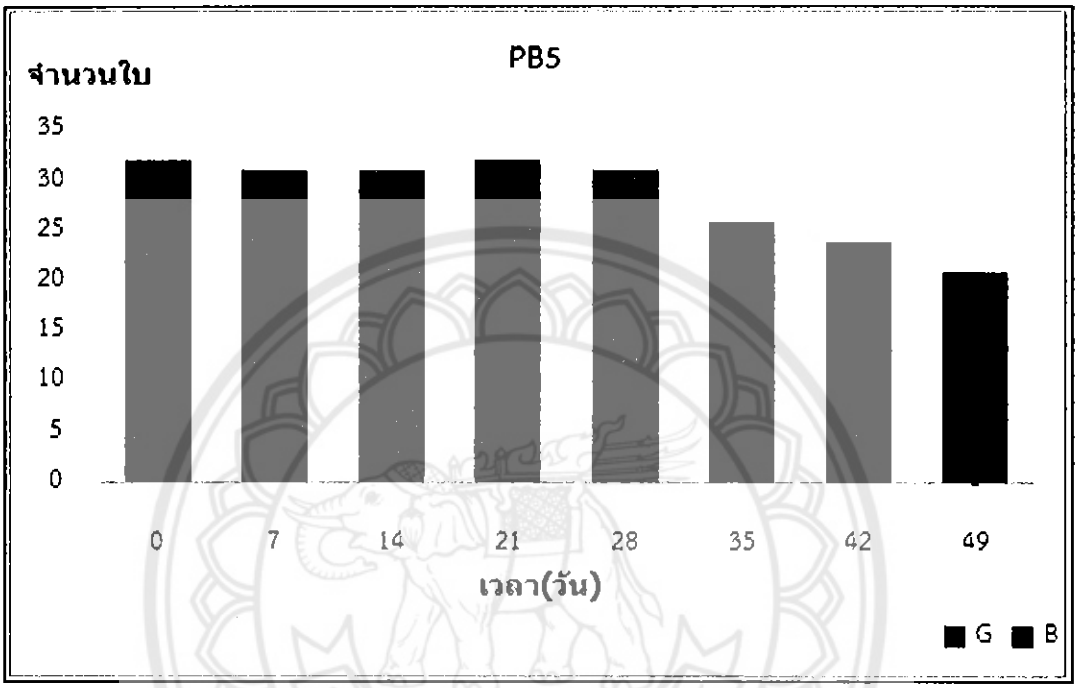
กราฟ 4-19 แสดงจำนวนใบเขียวและใบเหลืองของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพที่ 3

จากกราฟ 4-19 ครั้งแรกและวันที่ 7 ของการทดลอง พบว่า มีใบเขียวจำนวน 9 ใบ ต่อในวันที่ 14 ของการทดลอง มีใบเขียวจำนวน 8 ใบ และในวันที่ 21และ28 ของการทดลอง พบว่ามีจำนวนใบเขียว 4 ใบหลังจากวันที่ 35 ของการทดลองเป็นต้นมา มีใบเขียวจำนวน 2 ใบ จนจบการทดลอง



กราฟ 4-20 แสดงจำนวนใบเขียวและใบเหลืองของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพที่ 4

จากกราฟ 4-20 ครั้งแรกที่ทำการวัดพบว่ามี ใบเขียวจำนวน 22 ใบ ใบเหลืองจำนวน 4 ใบ ในวันที่ 7 ของการทดลองมีใบเขียวจำนวน 20 ใบ และ ใบเหลืองจำนวน 9 ใบ ในวันที่ 21 ของการทดลองพบว่ามีใบเขียวจำนวน 12 ใบและใบเหลืองจำนวน 7 ใบ หลังจากวันที่ 28 ของการทดลองเป็นต้นไปพบว่า มีใบเขียวจำนวน 4,3,2 และ1 ใบ ตามลำดับ และมีใบสีเหลืองจำนวน 10,10,11 และ 12 ใบ ตามลำดับ



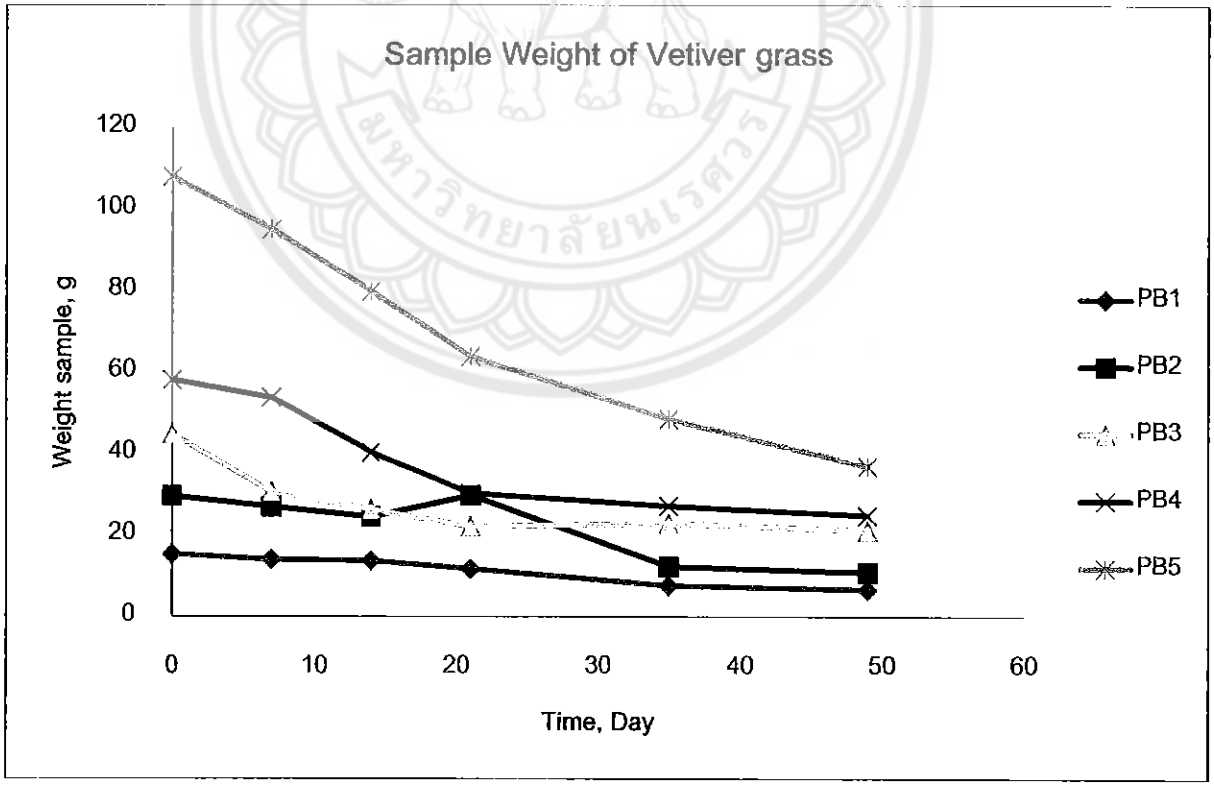
กราฟ 4-21 แสดงจำนวนใบเขียวและใบเหลืองของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพที่ 5

จากกราฟ 4-21 ในครั้งแรกพบว่ามีใบเขียวจำนวน 28 ใบ และจำนวนใบเหลือง 4 ใบ ต่อมาในวันที่ 7 ของการทดลองพบว่าใบเขียวมีจำนวน 26 ใบและใบเหลืองจำนวน 5 ใบ ในวันที่ 14 ของการทดลองพบว่ามีใบเขียวจำนวน 22 ใบและใบเหลืองจำนวน 9 ใบ ในวันที่ 21 ของการทดลองพบว่ามีใบเขียวและใบเหลืองจำนวน 16 ใบเท่ากัน ในวันที่ 28 ของการทดลองพบว่ามีใบเขียวจำนวน 4 ใบและจำนวนใบเหลือง 27 ใบ ในวันที่ 35และ 42 ของการทดลองพบว่ามีจำนวนใบเขียว 2 ใบและมีจำนวนใบเหลือง 24 และ22 ใบตามลำดับ ในวันที่ 49 ของการทดลองพบว่ามีใบเขียว 1 ใบและใบเหลืองจำนวน 20 ใบ

4.1.10 น้ำหนักของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแต่ละแพ

Platform	Weight sample, g					
	19-Nov-14	26-Oct-14	2-Nov-14	9-Nov-14	23-Nov-14	7-Dec-14
	0	7	14	21	35	49
PB1	15.325	14.047	13.706	11.743	7.657	6.632
PB2	29.587	26.947	24.484	29.690	12.267	10.876
PB3	44.762	30.587	26.293	22.137	22.854	21.141
PB4	58.086	53.729	40.297	30.222	27.156	24.809
PB5	107.983	95.025	79.821	63.856	48.531	36.883

ตารางที่ 4-2 แสดงน้ำหนักของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแต่ละแพ



กราฟ 4-22 แสดงน้ำหนักหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแต่ละแพ

จากกราฟที่ 4-22 พบว่า PB1 น้ำหนักของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างค่อยๆลดลงอย่างต่อเนื่องและมีน้ำหนักคงเคียงใกล้เคียงกันตั้งแต่ 35 ของการทดลอง จนถึง วันที่ 49 ของการทดลอง โดยมีน้ำหนัก 7.657 g.และ 6.632 g. ตามลำดับ PB2 พบว่าน้ำหนักของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างค่อยๆลดลงอย่างต่อเนื่องและเพิ่มขึ้นในวันที่ 21 ของการทดลองโดยมีน้ำหนัก 29.690 g. และลงลงอีกในวันที่ 35 และ 49 ของการทดลองโดยมีน้ำหนัก 12.267 g. และ 10.876 g. ตามลำดับ PB3 พบว่าน้ำหนักของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างลดลงรวดเร็วในช่วงแรกและค่อยๆลดลงอย่างต่อเนื่อง และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นในวันที่ 35 ของการทดลองโดยมีน้ำหนัก 22.854 g. และลดลงอีกในวันที่ 49 ของการทดลองโดยมีน้ำหนัก 21.141 g. PB4 พบว่าน้ำหนักของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 7 ถึง 21 วันของการทดลอง และค่อยๆลดลงอย่างใกล้เคียงกัน โดย วันที่ 21 35 และ 49 ของการทดลองมีน้ำหนัก 30.222 g., 27.156 g. และ 24.809 g. ตามลำดับ PB5 มีการลดลงของน้ำหนักหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างอย่างรวดเร็วและลดลงแบบคงที่ โดยมีน้ำหนัก 107.983 g., 95.025 g.,79.821 g., 63.856 g., 48.531 g., และ 36.883 g. ตามลำดับ

สรุปผลการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก

จากผลการทดลองผลการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกพบว่าความยาวของรากหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างจะมีความยาวอยู่ในช่วง 0 - 5 cm. เป็นส่วนใหญ่ยกเว้น PB5 มีความยากของรากหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างอยู่ในช่วง 20 – 25 cm. มากที่สุด เมื่อทำการวัดความยาวและนับจำนวนของรากหญ้าแฝกในแต่ละกลุ่มตัวอย่างในทุกๆสัปดาห์ต่อมาพบว่าจำนวนรากในทุกๆกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนลดลงเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเกิดจากการ เน่า เปื่อย ย่อยสลาย แต่พบว่ารากหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างของแพ PB3 ได้มีจำนวนรากเพิ่มขึ้น จาก 19 ราก เป็น 22 ราก(ในการวัดครั้งที่ 5-6) ในขณะที่หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพอื่นไม่ได้มีการเพิ่มขึ้นจำนวนของรากขึ้นแต่อย่างใด

การนับจำนวนใบเขียวและใบเหลืองของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแต่ละแพ พบว่า จำนวนใบเขียวในทุกๆกลุ่มตัวอย่างมีการลดจำนวนลงอย่างต่อเนื่อง โดยหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพ PB1 และ PB2 จำนวนใบเขียวได้หมดลงตั้งแต่ในช่วงวันที่ 35 ของการทำการทดลอง ส่วนหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพ PB4 และ PB5 ในช่วงวันที่ 35 – 49 ของการทำการทดลองพบว่ายังมีการลดลงของจำนวนใบเขียวในหญ้าแฝกในกลุ่มตัวอย่าง ในขณะที่หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพ PB3 มีจำนวนใบเขียวคงที่ในช่วงวันที่ 35 – 49 ของการทำการทดลองซึ่งเป็นการสิ้นสุดในการทดลองวัดการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก

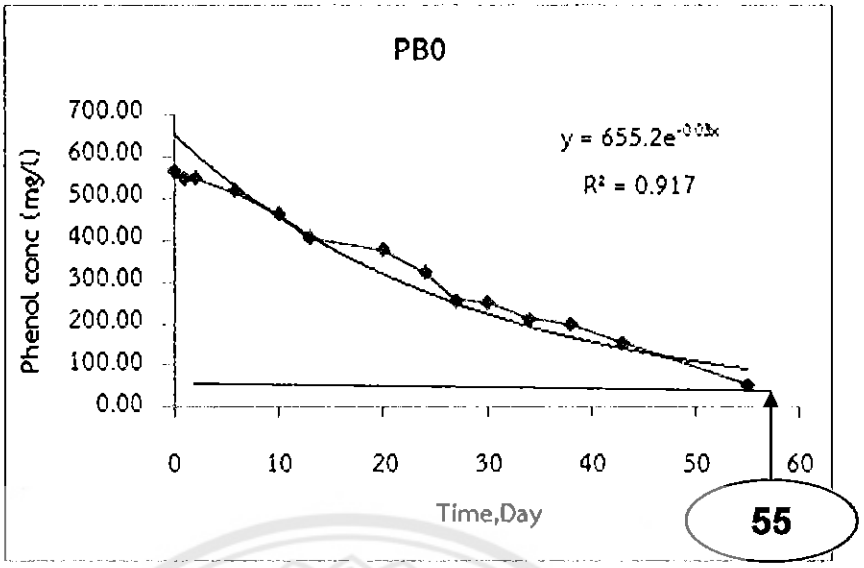
ในส่วนของน้ำหนักหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแต่ละแพ จะพบว่าน้ำหนักได้มีการลดลงเรื่อยๆอย่างต่อเนื่องแต่ก็ได้พบว่าน้ำหนักหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพ PB2 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 14 – 21 ของการทำการทดลอง จาก 24.484 g.เป็น 29.690 g. หลังจากนั้นน้ำหนักของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างก็ลดลงอย่างมาก เป็น 12.267 g. และ 10.876 g. ในช่วงวันที่ 35 และ 49 ตามลำดับ และน้ำหนักหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพ PB3 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 21– 35 ของการทำการทดลอง จาก 22.137 g.เป็น 22.854 g. และได้มีการลดลงอีกเล็กน้อยโดยมีน้ำหนักอยู่ที่ 21.141 g. ในวันที่ 49 ของการทดลอง ส่วนน้ำหนักหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพ PB1,PB4 และ PB5 พบว่ามีการลดลงของน้ำหนักหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างอย่างต่อเนื่องตลอดการทดลอง โดยที่ไม่มีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเลยตลอดช่วงการทดลอง

จากผลการทดลองทั้งหมดในการวัดการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแต่ละแพสรุปได้ว่า หญ้าแฝกที่มีการเจริญเติบโตในน้ำเสียที่ปนเปื้อนสารฟีนอลได้ดีที่สุด คือ แพหญ้าแฝกใน ถัง PB3

4.2 ค่าความเข้มข้นของฟีนอลในแต่ละถัง

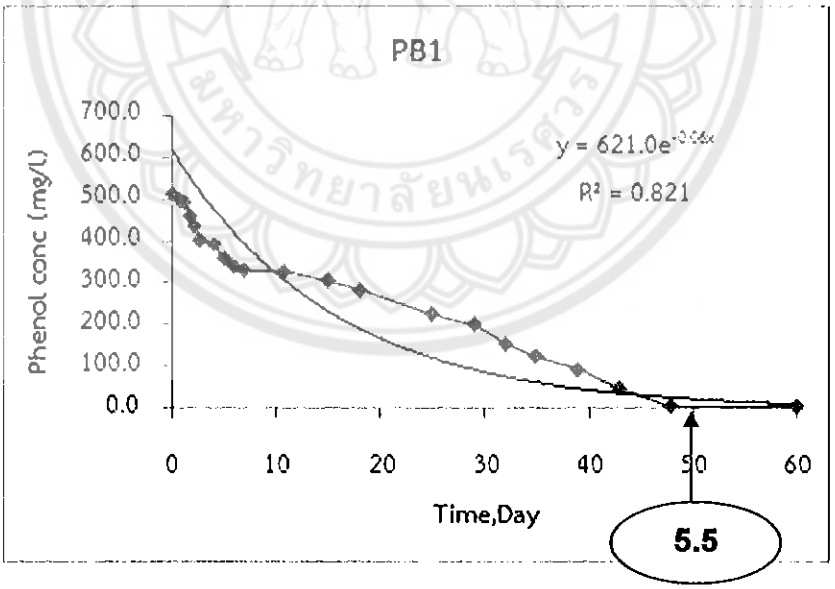
Time, Day	0	0.8	1.25	1.8	2.2	2.75	4	5	6	7	10.8	15	18	20.04	25	29	32	35	39	43	48	60
Time PB0								0.04	1	2.04	5.84	10	13.04	20.04	24	27.04	30	34.04	38.04	43.04	48	60
PB0								565.00	546.67	548.33	518.33	462.50	408.75	381.25	326.25	257.50	253.75	213.75	201.25	157.50	55.00	
PB1	513.3	498.3	493.3	460.0	436.7	405.0	396.7	360.0	340.0	331.7	328.3	307.5	285.0	225.0	201.3	156.5	124.5	93.3	49.0	5.5	5.9	
PB2	523.3	521.7	513.3	455.0	451.7	415.0	398.3	413.3	363.3	395.0	293.3	241.3	181.3	103.8	37.5	11.0	6.5	4.5	3.3	3.5	3.5	
PB3	518.3	480.0	475.0	455.0	428.3	391.7	385.0	373.3	371.7	336.7	288.3	233.8	192.5	11.3	12.5	10.0	7.5	4.8	3.8	1.9	1.5	
PB4	511.7	510.0	503.3	456.7	418.3	380.0	380.0	345.0	358.3	345.0	296.7	208.8	163.8	35.0	2.5	4.8	3.6	2.0	1.8	1.3	1.2	
PB5	533.3	525.0	511.7	473.3	426.7	430.0	400.0	398.3	358.3	351.7	201.7	145.0	77.5	9.5	2.3	1.5	0.7	1.1	0.8	0.7	UNR	

ตารางที่ 4-3 แสดงความเข้มข้นของสารฟีนอลในแต่ละถัง ณ เวลาต่างๆ



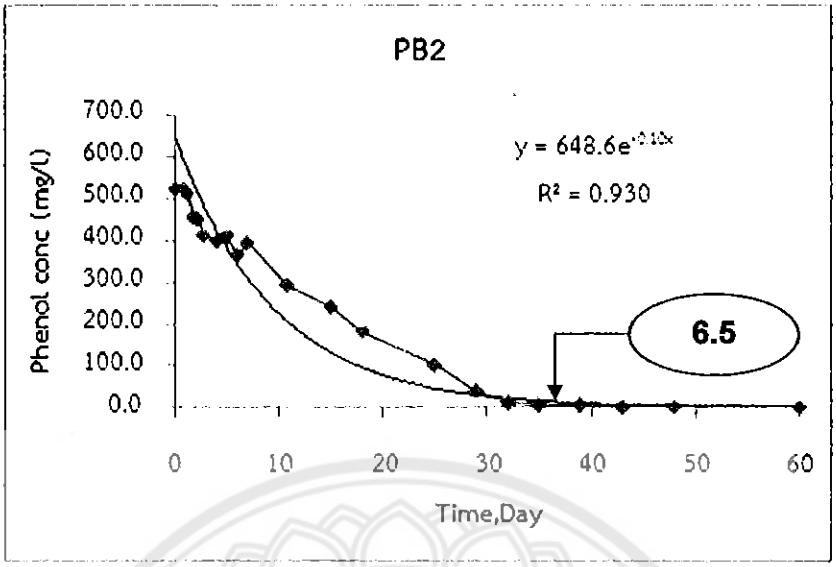
กราฟ 4-23 แสดงปริมาณความเข้มข้นสารฟีนอลในถัง PB0(ถังควบคุม)

จากกราฟพบว่าในถัง PB0 (ถังควบคุม) ซึ่งไม่มีการใส่แพหญ้าแฝกลงไปจะมีการลดลงของความเข้มข้นสารฟีนอลเป็นไปแบบช้าๆ โดยวันสุดท้ายที่ทำการวัดคือวันที่ 60 ของการทดลองพบว่ามีค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลอยู่ที่ 55 mg/l.



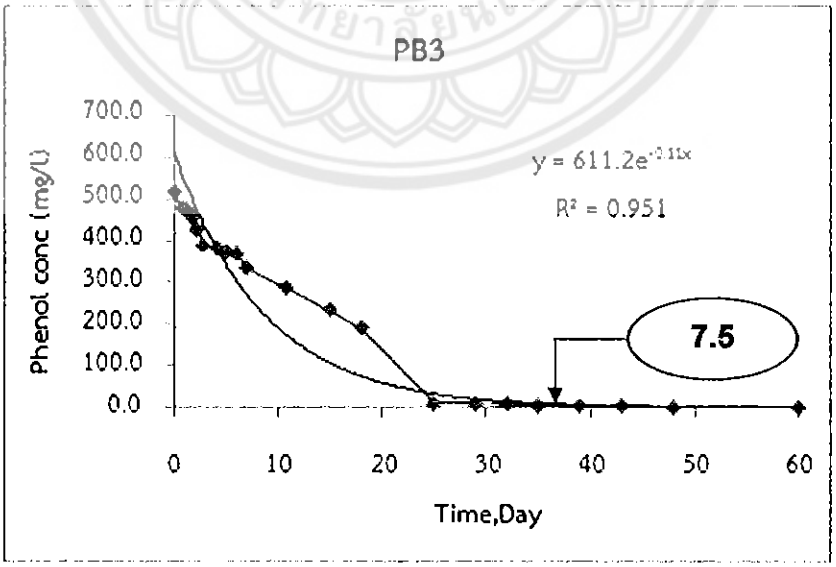
กราฟ 4-24 แสดงปริมาณความเข้มข้นสารฟีนอลในถัง PB1

จากกราฟพบว่าค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลมีการลดลงอย่างลวดเร็วในช่วง 7 วันแรกของการทดลองหลังจากนั้นก็มีการลดลงอย่างคงที่ จนในวันที่ 48 ของการทดลองค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลมีค่าลดลงจนเข้าใกล้ศูนย์ โดยมีค่าความเข้มข้นอยู่ที่ 5.5 mg/l.



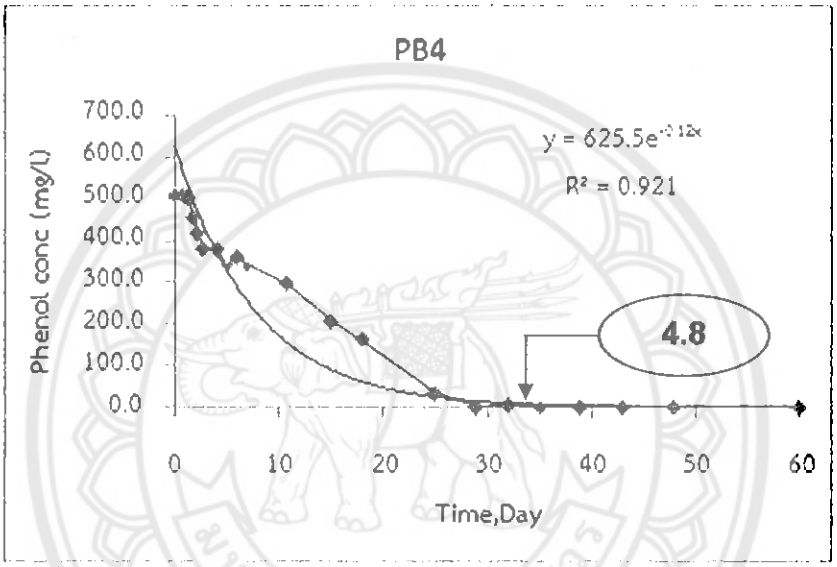
กราฟ 4-25 แสดงปริมาณความเข้มข้นสารฟีนอลในถัง PB2

จากกราฟจะพบว่าค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลมีแนวน้อมลดลงคงที่ตั้งแต่ช่วงวันแรกๆของการทดลองจนมาถึงวันที่ 35 ของการทดลองพบว่าค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลมีค่าเข้าใกล้ศูนย์โดยมีค่าความเข้มข้นอยู่ที่ 6.5 mg/l. และค่าสุดท้ายที่ทำการวัดในวันที่ 60 ของการทดลองพบว่ามีค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลอยู่ที่ 3.5 mg/l.



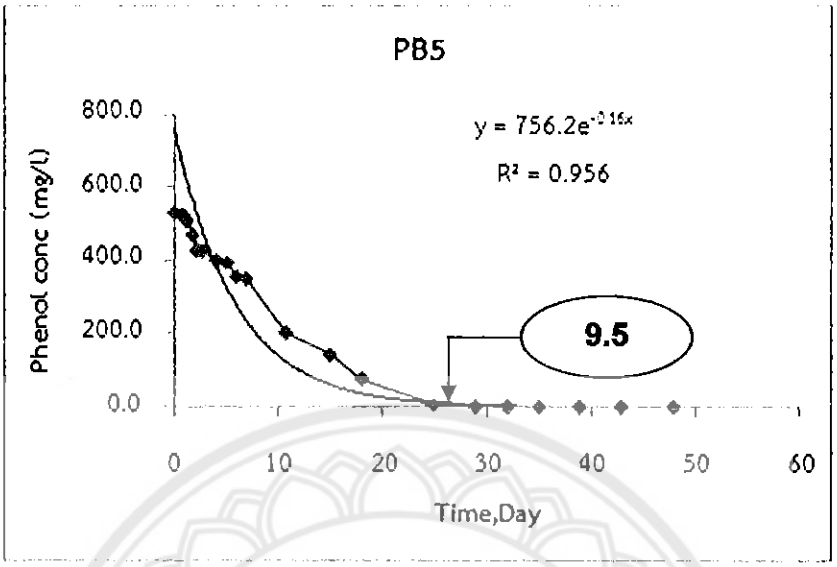
กราฟ 4-26 แสดงปริมาณความเข้มข้นสารฟีนอลในถัง PB3

จากกราฟพบว่าความเข้มข้นของสารฟีนอลลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 7 วันแรกของการทดลองต่อมาอัตราการลดลงของสารฟีนอลเริ่มช้าลงเล็กน้อยจนมาถึงวันที่ 25 ของการทดลองเป็นต้นไปความเข้มข้นของสารฟีนอลลดลงจนเกือบเข้าใกล้ศูนย์ โดยในวันที่ 35 ของการทดลองค่าความเข้มข้นสารฟีนอลเริ่มต่ำลงมาอยู่ที่ 7.5 mg/l.



กราฟ 4-27 แสดงปริมาณความเข้มข้นสารฟีนอลในถัง PB4

จากกราฟนี้พบว่าความเข้มข้นของสารฟีนอลลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 7 วันแรกของการทดลองต่อมาอัตราการลดลงของสารฟีนอลเริ่มช้าลงเล็กน้อยแต่ก็ลดลงเรื่อยๆจนมาถึงวันที่ 32 ของการทดลองพบว่าค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลมีค่าเข้าใกล้ศูนย์โดยมีค่าความเข้มข้นอยู่ที่ 4.8 mg/l. และค่าสุดท้ายที่ทำการวัดในวันที่ 60 ของการทดลองพบว่ามีค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลอยู่ที่ 1.5 mg/l.



กราฟ 4-28 แสดงปริมาณความเข้มข้นสารฟีนอลในถัง PB5

จากกราฟนี้พบว่าความเข้มข้นของสารฟีนอลนั้นมีแนวโน้มลดลงค่อนข้างคงที่อย่างต่อเนื่องตั้งแต่ช่วงแรกของการทดลองและลดลงมาเรื่อยๆจนมาถึงวันที่ 25 ของการทดลองเหลือน้อยมากโดยทีค่าความเข้มข้นอยู่ที่ 9.5 mg/l. และยังคงลดลงไปอีกเรื่อยจนเกือบมีค่าเป็นศูนย์และในวัดสุดท้ายของการทดลองพบว่าไม่สารถวัดค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลได้ซึ่งอาจหมายความว่าสารฟีนอลได้หมดไปหรือมีค่าน้อยมากจนไม่สารถตรวจวัดได้

สรุปค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลในแต่ละถัง

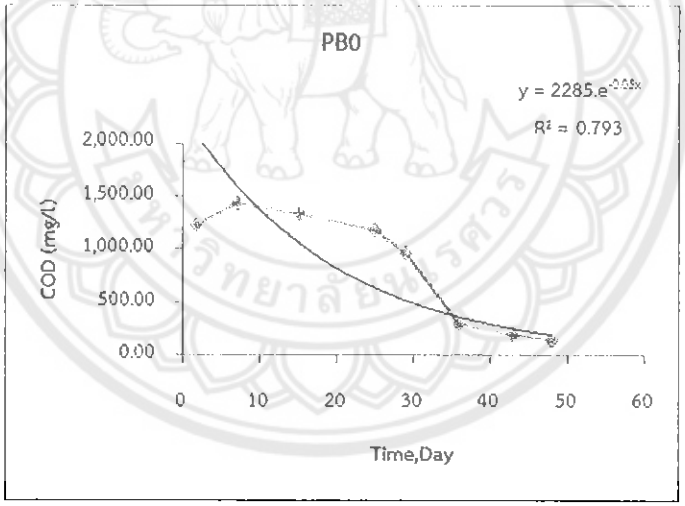
ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการสลายสารฟีนอล พบว่า ถัง PB0 ซึ่งเป็นถังควบคุมไม่มีการใส่แพของหญ้าแฝกลงไปการสลายตัวของสายฟีนอลเป็นไปอย่างช้าๆ โดยอัตราการสลายตัวของสารฟีนอลอยู่ที่ 0.03ค่าของเข้มข้นของสารฟีนอลที่ทำการวัดในวันสุดท้ายของการทดลอง(วันที่ 60 ของการทดลอง)อยู่ที่ 55 mg/l.ถัง PB1 มีอัตราการสลายตัวของสารฟีนอลอยู่ที่ 0.06 ค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลในวันสุดท้ายของการทดลองมีค่าอยู่ที่ 5.9 mg/l. ถัง PB2 มีอัตราการสลายตัวของสารฟีนอลอยู่ที่ 0.10 โดยมีค่าความเข้มข้นลดลงมาจนมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ในวันที่ 35 ของการทดลองมีค่าความเข้มข้นสารฟีนอลอยู่ที่ 6.5 mg/l. และค่าความเข้มข้นที่ทำการวัดในวันสุดท้ายของการทดลองค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลอยู่ที่ 3.5 mg/l. ถัง PB3 มีอัตราการสลายตัวของสารฟีนอลอยู่ที่ 0.11 ค่าความเข้มข้นลดลงมาจนมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ในวันที่ 25 ของการทดลองมีค่าความเข้มข้นสารฟีนอลอยู่ที่ 11.3 mg/l. และในวันสุดท้ายของการทดลองสามารถวัดค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลได้ 1.5 mg/l. ถัง PB4 มีอัตราการสลายตัวของสารฟีนอลอยู่ที่ 0.12 ค่าความเข้มข้นลดลงมาจนมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ในวันที่ 25 ของการทดลองมีค่าความเข้มข้นสารฟีนอลอยู่ที่ 35.0 mg/l.ในวันสุดท้ายของการทดลองสามารถวัดค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลได้ 1.2 mg/l. ถัง PB5 มีอัตราการสลายตัวของสารฟีนอลอยู่ที่ 0.16 ซึ่งเป็นอัตราการสายตัวที่เร็วที่สุดโดยค่าความเข้มข้นลดลงมาจนมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ในวันที่ 25 ของการทดลองมีค่าความเข้มข้นสารฟีนอลอยู่ที่ 9.5 mg/l. ส่วนในวันสุดท้ายของการทดลองนั้นค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลได้ลดน้อยลงจนเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดไม่สามารถวัดค่าของความเข้มข้นได้

สรุปได้ว่าถังที่มีการสลายตัวของสารฟีนอลดีที่สุด คือ ถัง PB5 รองลงมา คือ ถัง PB3 และ PB4 ส่วนถัง PB0, PB1 และ PB3 มีประสิทธิภาพในการสลายตัวของสารฟีนอลต่ำมาก

4.3 ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD)

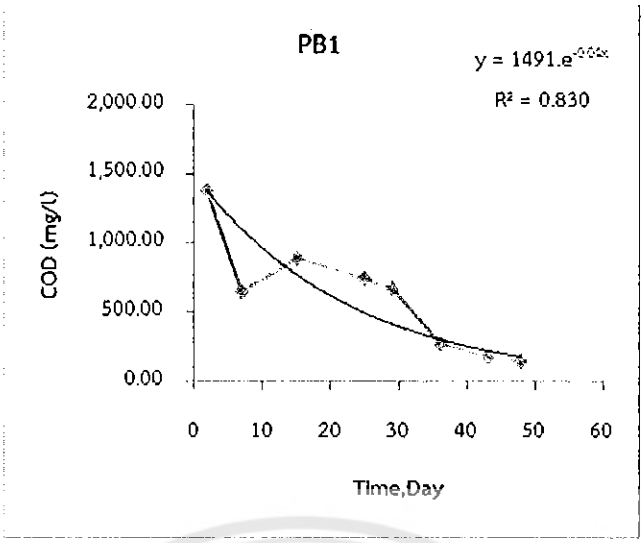
COD, mg/L								
Date	10/11/2557	15/11/2557	23/11/2557	3/12/2557	7/12/2557	14/12/2557	21/12/2557	26/12/2557
Time, Day	1.8	7	15	25	29	36	43	48
PB0	1,230.77	1434.78	1,333.33	1,185.19	962.96	290.91	200.00	145.45
PB1	1,384.62	652.17	888.89	740.74	666.67	272.73	180.00	145.45
PB2	1,538.46	956.52	740.74	518.52	370.37	163.64	120.35	109.09
PB3	1,153.85	1,608.70	814.81	222.22	185.19	72.73	40.00	72.73
PB4	1,307.69	1,043.48	814.81	296.30	259.26	109.09	100.43	181.82
PB5	1,307.69	1,260.87	666.67	370.37	222.22	218.18	200.00	218.18

ตารางที่ 4-4 แสดงค่า COD ในแต่ละถัง ณ เวลาต่างๆ



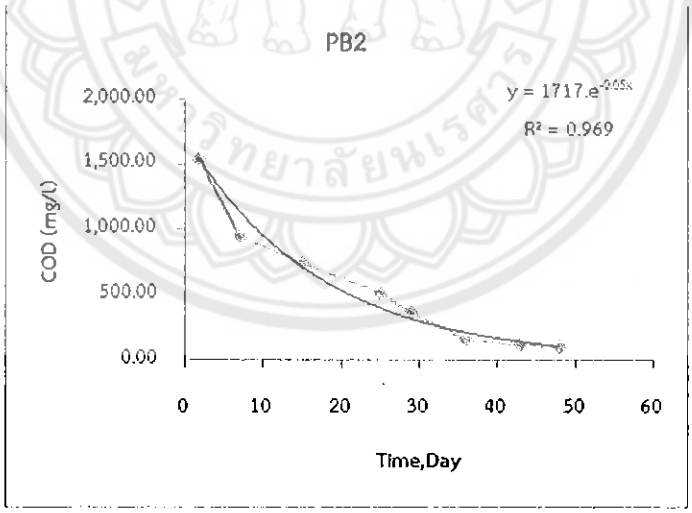
กราฟ 4-29 แสดงค่า COD ในถัง PB0 (ถังควบคุม)

จากกราฟพบว่าค่า COD ในช่วงวันแรกของการทดลองจนถึงวันที่ 29 ของการทดลองมีค่า COD ที่สูงโดยในวันที่ 7 ของการทดลองมีค่า COD อยู่ที่ 1434.78 mg/l. ต่อมาในวันที่ 36 ของการทดลองพบว่ามีค่า COD ลดลงมาอยู่ที่ 290.91 mg/l. และค่าสุดท้ายที่วัดในวันที่ 48 ของการทดลอง พบว่ามีค่า COD อยู่ที่ 145.45 mg/l.



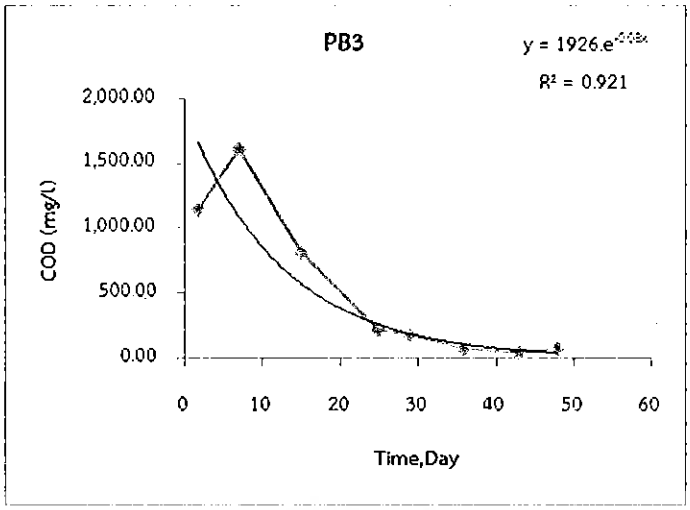
กราฟ 4-30 แสดงค่า COD ในถัง PB1

จากกราฟพบว่าค่า COD ในช่วง 7 วันแรกของการทดลองลดลงอย่างรวดเร็ว จาก 1384.62 mg/l. เป็น 652.17 mg/l และเพิ่มขึนอีกครั้งเป็น 888.89 mg/l. และค่อยๆลดลงอีกครั้งโดยวันที่ 36 ของการทดลองมีค่า COD อยู่ที่ 272.73 mg/l.และค่าสุดท้ายที่วัดในวันที่ 48 ของการทดลอง พบว่ามีค่า COD อยู่ที่ 145.45 mg/l.



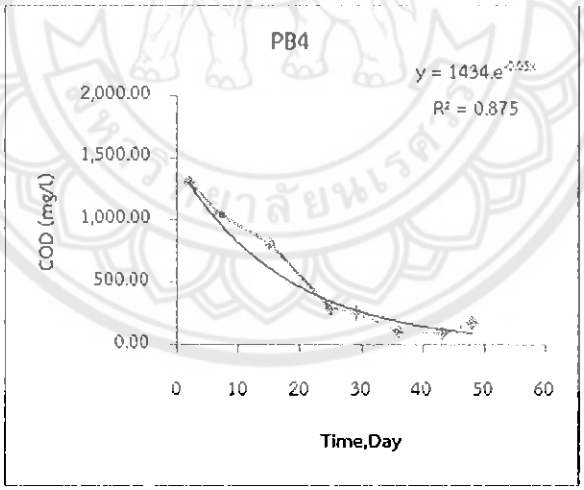
กราฟ 4-31 แสดงค่า COD ในถัง PB2

จากกราฟจะพบว่าค่า COD ในช่วง 7 วันแรกลดลงอย่างรวดเร็วจาก 1538.48 mg/l. ลดลงไปเป็นเป็น 956.52 mg/l. และค่อยๆลดลงอีกอย่างต่อเนื่อง จนถึงวันที่ 36 ของการทดลองทีค่า COD อยู่ที่ 163.64 mg/l. และค่าสุดท้ายที่วัดในวันที่ 48 ของการทดลอง พบว่ามีค่า COD อยู่ที่ 109.09 mg/l.



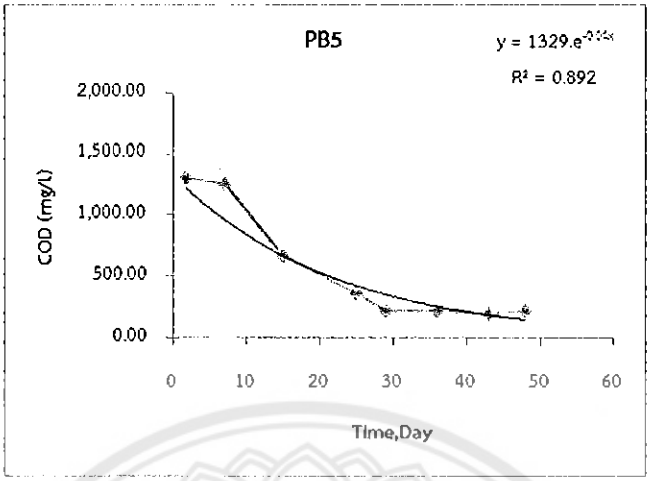
กราฟ 4-32 แสดงค่า COD ในถัง PB3

จากกราฟพบว่าค่า COD ในช่วง 7 วันแรกมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 1538.46 mg/l. ไปเป็น 1608.70 mg/l.และในวันที่ 15 ของการทดลองค่า COD อยู่ที่ 814.81 mg/l.และลดลงอีกเรื่อยๆจนถึงวันที่ 36 ของการทดลองค่า COD อยู่ที่ 72.73 mg/l.และค่าสุดท้ายที่วัดในวันที่ 48 ของการทดลอง พบว่ามีค่า COD อยู่ที่ 72.73 mg/l



กราฟ 4-33 แสดงค่า COD ในถัง PB4

จากกราฟพบว่าในช่วงวันแรกของการทดลองจนถึงช่วงวันที่ 29 ของการทดลองมีการลดลงของอย่างสม่ำเสมอ โดยจากวันแรกมีค่า COD อยู่ที่ 1307.69 mg/l. วันที่ 7 ของการทดลองค่า COD อยู่ที่ 1043.48 mg/l และค่อยๆลดลงไปอีกเรื่อยๆจนถึงวันที่ 36 ของการทดลองมีค่า COD อยู่ที่ 109.09 mg/l. และค่าสุดท้ายที่วัดในวันที่ 48 ของการทดลอง พบว่ามีค่า COD อยู่ที่ 181.82 mg/l.



กราฟ 4-34 แสดงค่า COD ในถัง PB4

จากกราฟช่วง 7 วันแรกค่า COD ลดลงเล็กน้อยจาก 1307.69 mg/l. ลดลงไปเป็น 1260.87 mg/l.และลดลงอีกอย่างรวดเร็วโดยวันที่ 15 ของการทดลองมีค่า 666.67 mg/l. วันที่ 25 ของการทดลองค่าCODลดลงเหลือ 370.37 mg/l. หลังจากนั้นค่า COD มีอัตราการลดที่ช้าลง โดยที่วันที่ 29 ของการทดลองมีค่า COD อยู่ที่ 222.22 mg/l. และวันที่ 36 ของการทดลองค่า COD มีค่าอยู่ที่ 218.18 mg/l.โดยมีค่าเท่ากับค่าสุดท้ายที่ทำการวัดได้ในวันที่ 48 ของการทดลอง

สรุปค่าซีโอดี(Chemical Oxygen Demand, COD)

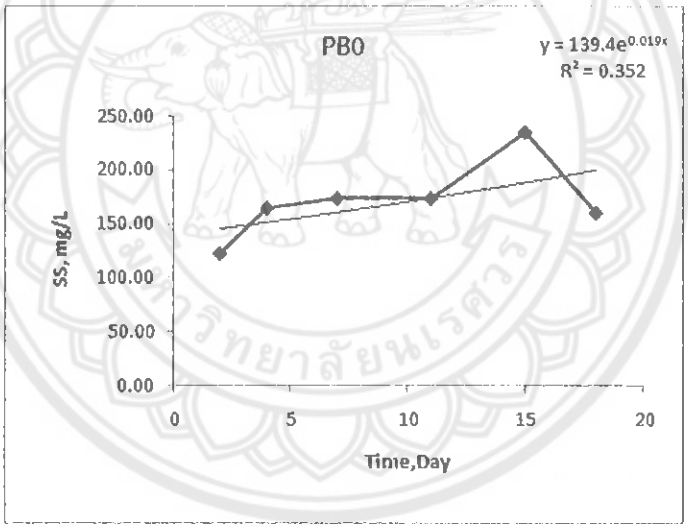
ในการวิเคราะห์ค่าซีโอดี(COD) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสกปรกของน้ำ พบว่า ถัง PB0 (ถังควบคุม) มีอัตราการลดลงของค่าซีโอดี(COD) อยู่ที่ 0.05 ค่าที่วัดได้ในวันสุดท้ายที่ทำการวัด(วันที่ 48 ของการทดลอง)อยู่ที่ 145.45 mg/l. ถัง PB1 มีอัตราการลดลงของค่าซีโอดี(COD) อยู่ที่ 0.04 ค่าที่วัดได้ในวันสุดท้ายที่ทำการวัดอยู่ที่ 145.45 mg/l. (เท่ากับถัง PB0) ถัง PB2 มีอัตราการลดลงของค่าซีโอดี(COD) อยู่ที่ 0.05 ค่าที่วัดได้ในวันสุดท้ายที่ทำการวัด อยู่ที่ 109.09 mg/l. ถัง PB3 มีอัตราการลดลงของค่าซีโอดี (COD) อยู่ที่ 0.08 ค่าที่วัดได้ในวันสุดท้ายที่ทำการวัดอยู่ที่ 72.73 mg/l. ถัง PB4 มีอัตราการลดลงของค่าซีโอดี(COD) อยู่ที่ 0.05 ค่าที่วัดได้ในวันสุดท้ายที่ทำการวัดอยู่ที่ 181.82 mg/l. สุดท้ายถัง PB5 มีอัตราการลดลงของค่าซีโอดี(COD) อยู่ที่ 0.04 ค่าที่วัดได้ในวันสุดท้ายที่ทำการวัดอยู่ที่ 218.18 mg/l.

สรุปได้ว่าถังที่มีประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดี(COD)ได้ดีที่สุด คือ PB3 รองลงมา คือ PB2, PB4, PB1, PB5 และ PB0 ตามลำดับ

4.4 ค่าของแข็งแขวนลอย(SS)ในน้ำ แต่ละถัง

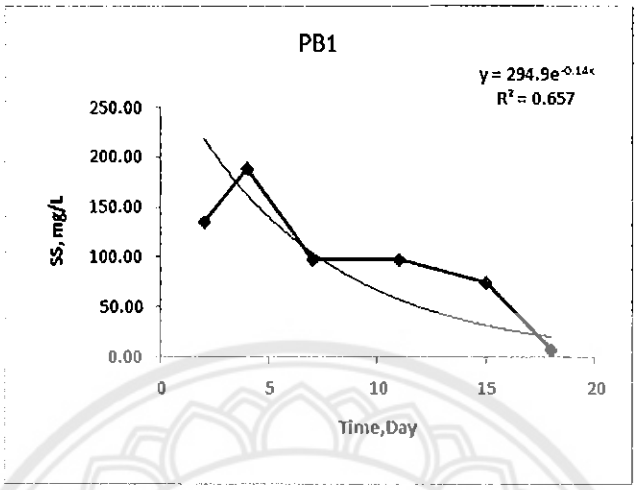
SS, mg/L										
Time, Day	2	4	7	11	15	18	25	29	48	60
PB0	122.22	164.44	173.33	173.33	235.00	160.00	17.50	110.00	104.00	58.00
PB1	135.56	188.89	97.78	97.78	75.00	7.50	7.50	25.00	76.00	348.00
PB2	177.78	181.82	104.44	104.44	145.00	42.50	5.00	92.50	538.00	650.00
PB3	202.22	228.89	115.56	115.56	142.50	25.00	10.00	90.00	578.00	722.00
PB4	175.56	184.44	91.11	91.11	125.00	32.50	10.00	215.00	696.00	750.00
PB5	257.78	317.78	51.11	51.11	82.50	57.50	17.50	542.50	840.00	1640.00

ตารางที่ 4-5 แสดงค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ในแต่ละถัง ณ เวลาต่างๆ



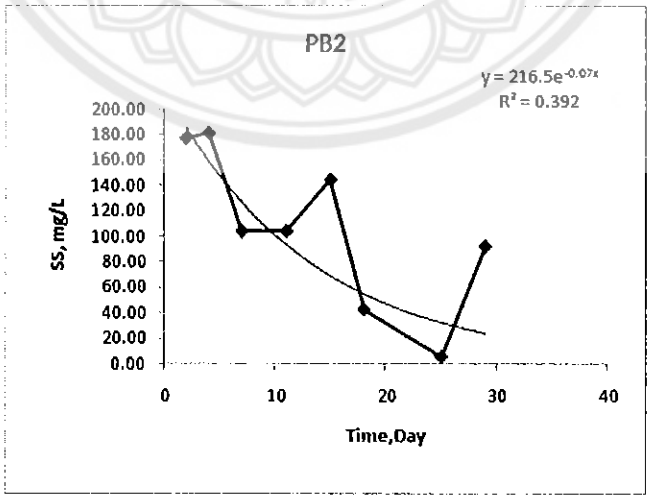
กราฟ 4-35 แสดงค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ถัง PB0 (ถังควบคุม)

จากกราฟพบว่าค่าของแข็งแขวนลอยมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยวันที่ 2 ของการทดลองมีค่าของแข็งแขวนลอยอยู่ที่ 122.22 mg/l. และเพิ่มขึ้นไปเรื่อยจนถึงวันที่ 15 ของการทดลองมีค่าของแข็งแขวนลอยอยู่ที่ 235 mg/l. หลังจากนั้นค่าของแข็งแขวนลอยได้มีการลดลง โดยในวันที่ 18 ของการทดลองมีค่าของแข็งแขวนลอยอยู่ที่ 160 mg/l.



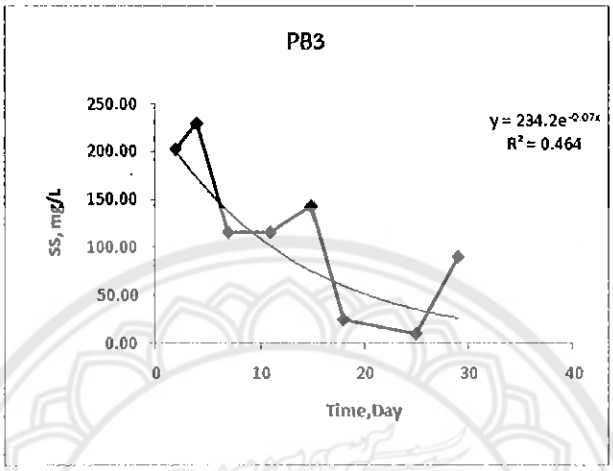
กราฟ 4-36 แสดงค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ถัง PB1

จากกราฟช่วง 4 วันแรกของการทดลองมีค่าของแข็งแขวนลอยเพิ่มขึ้น จาก 135.56 mg/l. ไปเป็น 188.89 mg/l.ต่อมาค่าของแข็งแขวนลอยก็ค่อยลดลองโดยวันที่ 7 และ 11 ของการทดลองค่าของแข็งแขวนลอยอยู่ที่ 97.78 mg/l. ในวันที่ 15 ของการทดลองค่าของแข็งแขวนลอยอยู่ที่ 75 mg/l. และลดลงอีกอย่างรวดเร็วในวันที่ 18 ของการทดลองโดยมีค่าอยู่ที่ 17.50 mg/l.



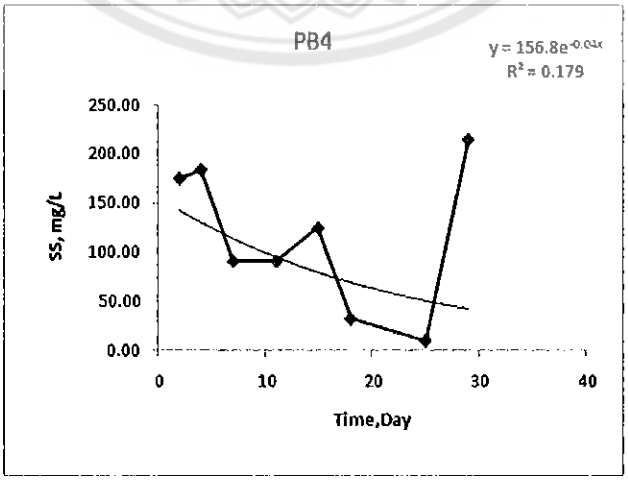
กราฟ 4-37 แสดงค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ถัง PB2

จากกราฟพบว่าค่าของแข็งแขวนลอยในช่วง 4 วันแรกของการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยเพิ่มจาก 177.78 mg/l ไปเป็น 181.82 mg/l. ต่อมาค่าของแข็งแขวนลอยก็ลดลงเรื่อยจนถึงวันที่ 15 ของการทดลองค่าของแข็งแขวนลอยได้มีค่าเพิ่มขึ้นโดยมีค่าอยู่ที่ 145 mg/l.หลังจากนั้นค่าของแข็งแขวนลอยก็ลดลงอีกเรื่อยจนมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 5 mg/l. ในวันที่ 5 ของการทดลอง



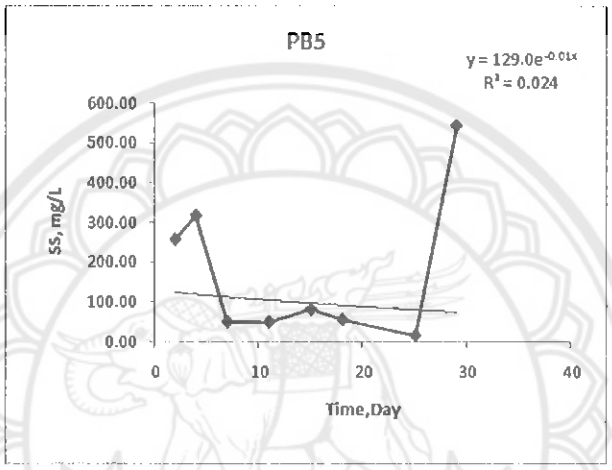
กราฟ 4-38 แสดงค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ถัง PB3

จากกราฟค่าของแข็งแขวนลอยได้มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วง 4 วันแรกของการทดลองจาก 202.22 mg/l.ไปเป็น 228.89 mg/l.ต่อมาค่าของแข็งแขวนลอยได้ลดลงมาเรื่อยๆโดยในวันที่ 7 และ 11 ของการทดลองมีค่าของแข็งแขวนลอยอยู่ที่ 115.56 mg/l. โดยค่าของแข็งแขวนลอยต่ำสุดที่วัดได้ คือ 10 mg/l.ในวันที่ 25 ของการทดลอง



กราฟ 4-39 แสดงค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ถัง PB4

จากกราฟค่าของแข็งแขวนลอยได้มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วง 4 วันแรกของการทดลองจาก 175.56 mg/l. ไปเป็น 184.44 mg/l. ต่อมาค่าของแข็งแขวนลอยได้ลดลงมาเรื่อยๆโดยในวันที่ 7 และ 11 ของการทดลองมีค่าของแข็งแขวนลอยอยู่ที่ 91.11 mg/l. หลังจากนั้นค่าของแข็งแขวนลอยได้ลดลงเรื่อยๆ โดยค่าต่ำสุดที่วัดได้ คือ 10 mg/l.ในวันที่ 25 ของการทดลอง



กราฟ 4-40 แสดงค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ถัง PB5

จากกราฟค่าของแข็งแขวนลอยมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วง 4 วันแรกของการทดลองจาก 257.78 mg/l. ไปเป็น 317.78 mg/l. ต่อมาค่าของแข็งแขวนลอยได้ลดอย่างรวดเร็วโดยในวันที่ 7 และ 11 ของการทดลองมีค่าของแข็งแขวนลอยอยู่ที่ 51.11 mg/l. ต่อมาค่าของแข็งแขวนลอยได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยในวันที่ 15 และ 18 ของการทดลองมีค่าของแข็งแขวนลอยอยู่ที่ 82.50 mg/l. และ 57.50 mg/l. ตามลำดับส่วนค่าต่ำสุดที่วัดได้ คือ 10 mg/l.ในวันที่ 25 ของการทดลอง

สรุปค่าของแข็งแขวนลอย(SS)ในน้ำ แต่ละถัง

จากที่ได้ทำการตรวจวัดค่าของแข็งแขวนลอย(SS) พบว่า ค่าของแข็งแขวนลอยใน ถัง PB1-PB5 มีแนวโน้มลดลงจนลดลงต่ำสุดในวันที่ 25 ของการทดลองก่อนที่จะมีค่าเพิ่มขึ้นอีกครั้งจนถึงจบการทดลอง ส่วนในถัง PB0 ค่าของแข็งแขวนลอบ(SS)มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยและลดต่ำสุดในวันที่ 25 ของการทดลอง ก่อนที่จะมีค่าเพิ่มขึ้นอีกครั้งจนถึงจบการทดลองเช่นเดียวกับถัง PB1-PB5

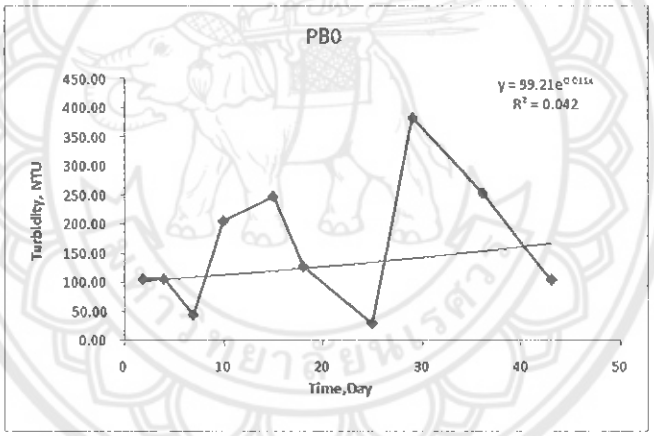
ถัง PB0 มี ค่าของแข็งแขวนลอย(SS) ต่ำสุดอยู่ที่ 17.50 mg/l. และค่าสุดท้ายที่ทำการวัดได้ในวันสุดท้ายของการทดลอง(วันที่ 60 ของการทดลอง) 58.00 mg/l. ถัง PB1 มี ค่าของแข็งแขวนลอย(SS) ต่ำสุดอยู่ที่ 7.50 mg/l. และค่าสุดท้ายที่ทำการวัดได้ในวันสุดท้าย ของการทดลอง 348.00 mg/l. ถัง PB2 มีค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ต่ำสุดอยู่ที่ 5.00 mg/l. และค่าสุดท้ายที่ทำการวัดได้ในวันสุดท้ายของการทดลอง 650.00 mg/l. ถัง PB3 มี ค่าของแข็งแขวนลอย(SS) ต่ำสุดอยู่ที่ 10.0 mg/l. และค่าสุดท้ายที่ทำการวัดได้ในวันสุดท้ายของการทดลอง 722.00 mg/l. ถัง PB4 มี ค่าของแข็งแขวนลอย(SS) ต่ำสุดอยู่ที่ 10.0 mg/l. และค่าสุดท้ายที่ทำการวัดได้ในวันสุดท้าย ของการทดลอง 750.00 mg/l. และสุดท้ายในถัง ถัง PB5 มีค่าของแข็งแขวนลอย(SS) ต่ำสุดอยู่ที่ 17.50 mg/l. และค่าสุดท้ายที่ทำการวัดได้ในวันสุดท้ายของการทดลอง 1640.00 mg/l.

จากข้อมูลทั้งหมดสรุปได้ว่า ถังPB5 มีค่าของแข็งแขวนลอยสูงสุด รองลงมา คือ ถัง PB4,PB3,PB2, PB1 และ PB0 ตามลำดับ

4.1 ค่าความขุ่น(Turbidity)

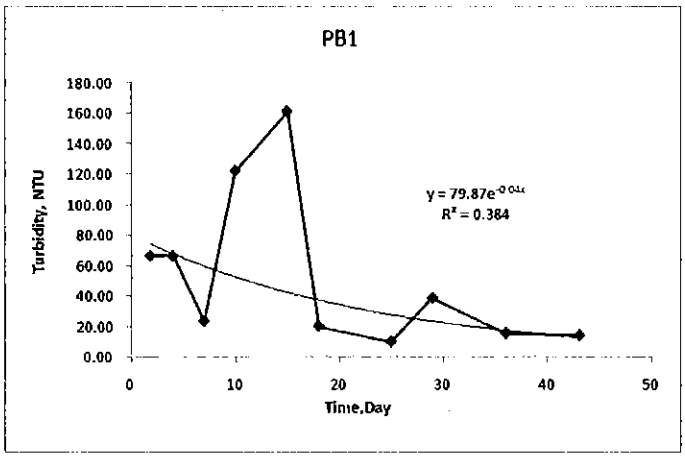
Turbidity, NTU										
Time, Day	1.9	4	7	10	15	18	25	29	36	43
PB0	105.00	105.00	43.15	205.50	248.00	127.00	28.40	382.00	253.50	104.00
PB1	66.50	66.50	23.50	122.00	161.00	20.10	9.98	38.80	15.40	14.15
PB2	115.50	115.50	18.60	157.00	119.00	35.30	4.12	64.60	396.50	353.50
PB3	124.00	124.00	17.55	171.50	107.00	47.80	4.22	153.00	318.00	453.50
PB4	110.50	110.50	25.90	147.00	112.00	19.80	4.15	106.00	368.00	580.50
PB5	157.50	157.50	18.65	223.00	89.10	34.80	14.60	382.00	548.50	928.00

ตารางที่ 4-6 แสดงค่าความขุ่น (Turbidity) ในแต่ละถัง ณ เวลาต่างๆ



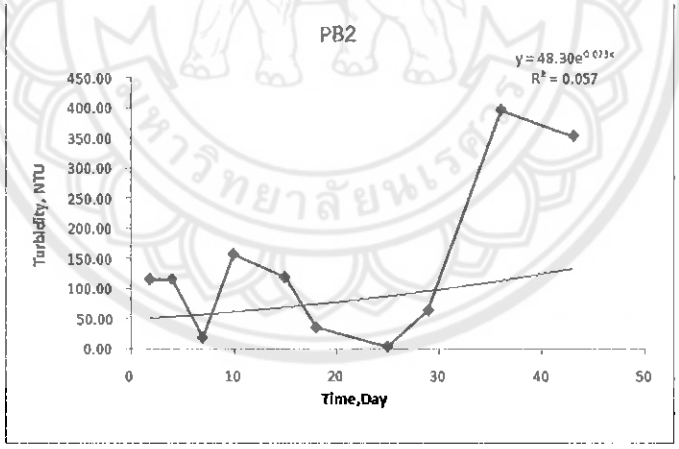
กราฟ 4-38 แสดงค่าความขุ่น (Turbidity) ถังPB0 (ถังควบคุม)

จากกราฟพบว่าค่าความขุ่นในถัง PB0(ถังควบคุม) มีแนวโน้มที่ค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นโดยช่วง 4 วันแรก มีค่าความขุ่นอยู่ที่ 105 NTU จนวันที่ 15 ของการทดลองค่าความขุ่นได้เพิ่มไปอยู่ที่ 248 NTU หลังจากนั้น ค่าความขุ่นได้ลดลงโดยวันที่ 25 ของการทดลองมีค่าความขุ่นอยู่ที่ 28.40 NTU และเพิ่มสูงขึ้นอีกในวันที่ 29 ของการทดลองโดยมีค่าความขุ่นอยู่ที่ 382 NTU หลังจากนั้นค่าความขุ่นได้ลดลงเรื่อยๆโดยค่าสุดท้ายที่ทำการวัดในวันที่ 43 ของการทดลองมีค่าความขุ่นอยู่ที่ 104 NTU



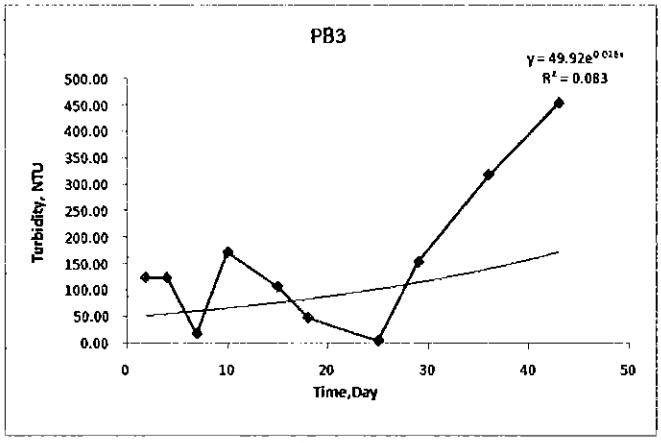
กราฟ 4-41 แสดงค่าความขุ่น (Turbidity) ถังPB1

จากกราฟในช่วง 15 วันแรกของการทดลองค่าความขุ่นมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นโดยเริ่มจาก 66.50 NTU ในช่วง 4 วันแรกของการทดลองเพิ่มไปเป็น 161 NTU ในวันที่ 15 ของการทดลอง หลังจากนั้นค่าความขุ่นได้ลดลงมาเรื่อยๆโดยในวันที่ 25 ของการทดลองอยู่ที่ 9.98 NTU ซึ่งเป็นค่าความขุ่นที่ต่ำที่สุดที่ทำการวัดในถัง PB1



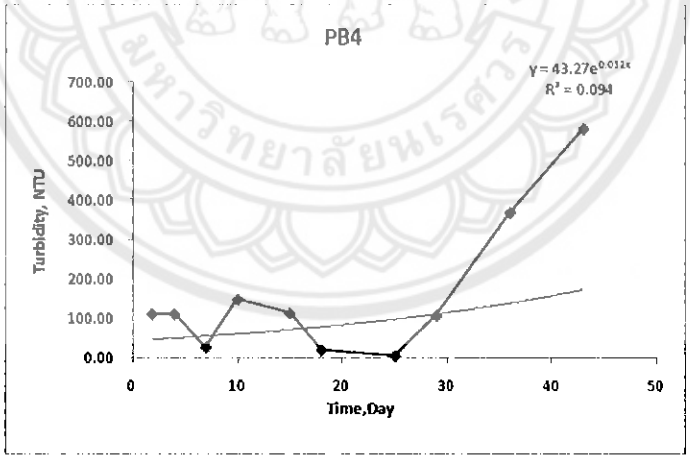
กราฟ 4-42 แสดงค่าความขุ่น (Turbidity) ถังPB2

จากกราฟพบว่าในการทดลอง 7 วันแรกค่าความขุ่นมีค่าลดลงโดยเริ่มลดลงจาก 115.50 NTU ไปเป็น 18.50 NTU ต่อมาในวันที่ 10 ของการทดลองค่าความขุ่นได้เพิ่มขึ้นเป็น 157 NTU หลังจากนั้นค่าความขุ่นได้ลดลงเรื่อยๆโดยวันที่ 25 ของการทดลองค่าความขุ่นอยู่ที่ 4.12 NTU ซึ่งเป็นค่าความขุ่นที่ต่ำที่สุดที่ทำการวัดในถัง PB2 หลังจากนั้นค่าความขุ่นได้เพิ่มขึ้นอีกโดยค่าสูงสุดที่วัดได้คือ 396.50 NTU ในวันที่ 36 ของการทดลอง



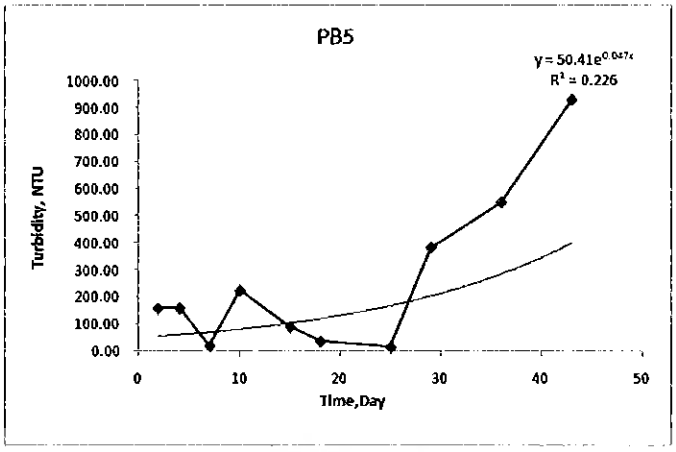
กราฟ 4-43 แสดงค่าความขุ่น (Turbidity) ถังPB3

จากกราฟพบว่าค่าความขุ่นในช่วง 7 วันแรกมีค่าลดลงจาก 124 NTU ไปเป็น 17.55 NTU และเพิ่มขึ้นอีกในวันที่ 10 ของการทดลอง โดยมีค่าความขุ่นอยู่ที่ 171.50 NTU หลังจากนั้นค่าความขุ่นได้ลดลงเรื่อยๆจนถึงวันที่ 25 ของการทดลอง โดยมีค่าความขุ่นอยู่ที่ 4.22 NTU ซึ่งเป็นค่าความขุ่นที่ต่ำที่สุดที่ทำการวัดในถัง PB3 หลังจากนั้นค่าความขุ่นได้เพิ่มขึ้นอีกโดยค่าสูงสุดที่วัดได้คือ 453.50 NTU ในวันที่ 43 ของการทดลอง



กราฟ 4-44 แสดงค่าความขุ่น (Turbidity) ถังPB4

จากกราฟพบว่าค่าความขุ่นในในช่วง 7 วันแรกมีค่าลดลงจาก 110.50 NTU ไปเป็น 25.90 NTU หลังจากนั้นค่าความขุ่นได้เพิ่มขึ้นเป็น 147 NTU ในวันที่ 10 ของการทดลองและค่อยๆลดลงเรื่อยๆจนถึงวันที่25 ของการทดลองซึ่งมีค่าความขุ่นอยู่ที่ 4.15 NTU ซึ่งเป็นค่าความขุ่นที่ต่ำที่สุดที่ทำการวัดในถัง PB4 หลังจากนั้นค่าความขุ่นได้เพิ่มขึ้นอีกโดยค่าสูงสุดที่วัดได้คือ 580.50 NTU ในวันที่ 43 ของการทดลอง



กราฟ 4-45 แสดงค่าความขุ่น (Turbidity) ถังPB5

จากกราฟพบว่าค่าความขุ่นในในช่วง 7 วันแรกมีค่าลดลงจาก 157.50 NTU ไปเป็น 18.65 NTU หลังจากนั้นค่าความขุ่นได้เพิ่มขึ้นเป็น 223 NTU ในวันที่ 10 ของการทดลองและค่อยๆลดลงเรื่อยๆจนถึงวันที่25 ของการทดลองซึ่งมีค่าความขุ่นอยู่ที่ 14.60 NTUซึ่งเป็นค่าความขุ่นที่ต่ำที่สุดที่ทำการวัดในถัง PB4 หลังจากนั้นค่าความขุ่นได้เพิ่มขึ้นอีกโดยค่าสูงสุดที่วัดได้คือ 928 NTU ในวันที่ 43 ของการทดลอง

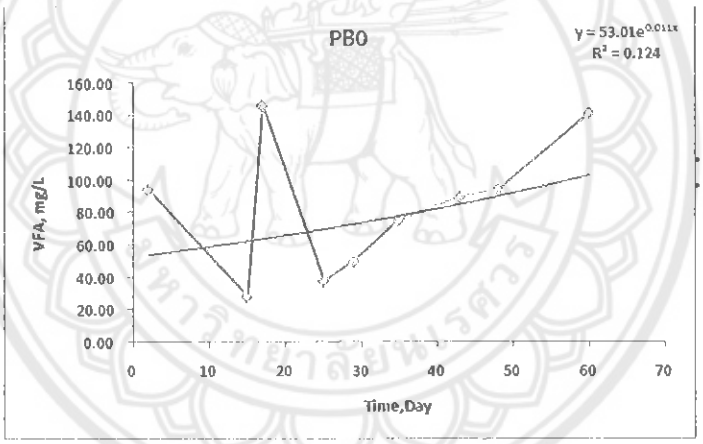
สรุปค่าความขุ่น(Turbidity)

ในการตรวจวัดค่าความขุ่นในแต่ละถังพบว่าในทุกถังมีค่าความลดลงต่ำสุดในวันที่ 25 ของการทดลองเหมือนกันทุกถังก่อนจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งจนจบการทดลอง ถังPB0 มีค่าความขุ่นต่ำสุดอยู่ที่ 28.40 NTU และมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งโดยในครั้งสุดท้ายที่ได้ทำการมีค่าวัดค่าความขุ่นอยู่ที่ 104 NTU (วันที่ 43 ของการทดลอง) ถังPB1 มีค่าความขุ่นต่ำสุดอยู่ที่ 9.98 NTU และครั้งสุดท้ายที่ได้ทำการมีค่าวัดค่าความขุ่นอยู่ที่ 14.15 NTU ถังPB2 มีค่าความขุ่นต่ำสุดอยู่ที่ 4.12 NTU และครั้งสุดท้ายที่ได้ทำการมีค่าวัดค่าความขุ่นอยู่ที่ 353.50 NTU ถังPB3 มีค่าความขุ่นต่ำสุดอยู่ที่ 4.22 NTU และครั้งสุดท้ายที่ได้ทำการมีค่าวัดค่าความขุ่นอยู่ที่ 453.50 NTU ถังPB4 มีค่าความขุ่นต่ำสุดอยู่ที่ 4.15 NTU และครั้งสุดท้ายที่ได้ทำการมีค่าวัดค่าความขุ่นอยู่ที่ 580.50 NTU และสุดท้ายถังPB5 มีค่าความขุ่นต่ำสุดอยู่ที่ 14.60 NTU และครั้งสุดท้ายที่ได้ทำการมีค่าวัดค่าความขุ่นอยู่ที่ 938.00 NTU

4.2 ค่ากรดไขมันระเหยง่าย(VFA : Volatile Fatty Acids)

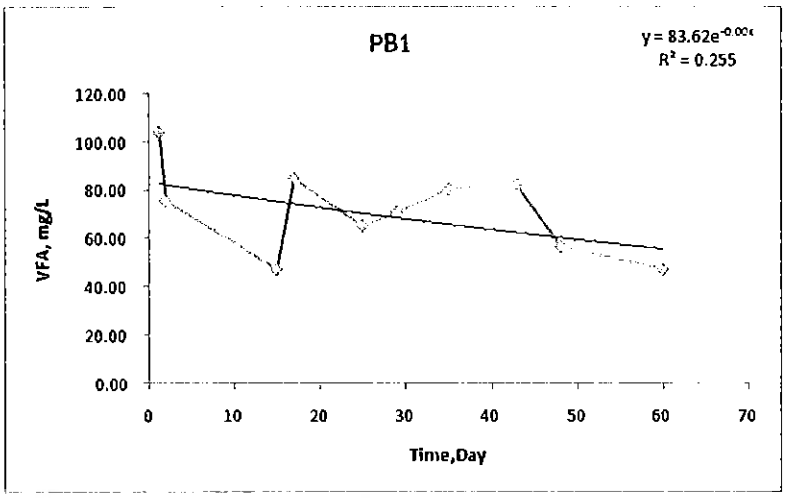
VFA										
Date	9/11/2557	10/11/2557	23/11/2557	25/11/2557	3/12/2557	7/12/2557	13/12/2557	21/12/2557	26/12/2557	7/1/2558
Time, Day	1.25	2	15	17	25	29	35	43	48	60
PB0	0.00	94.59	28.38	146.61	37.84	50.13	75.67	89.86	94.59	141.88
PB1	104.05	75.67	47.29	85.13	65.41	70.94	80.40	82.29	56.75	47.29
PB2	89.86	82.29	40.67	104.05	11.35	35.94	69.05	87.97	52.02	132.42
PB3	94.59	95.53	53.92	146.61	28.38	54.86	70.00	104.05	80.40	61.48
PB4	108.78	122.02	42.56	94.59	94.59	37.84	75.67	35.94	56.75	85.13
PB5	122.96	53.92	39.73	108.78	68.10	37.84	73.78	66.21	80.40	85.13

ตารางที่ 4-7 แสดงค่ากรดไขมันระเหยง่าย (VFA) ในแต่ละถัง ณ เวลาต่างๆ



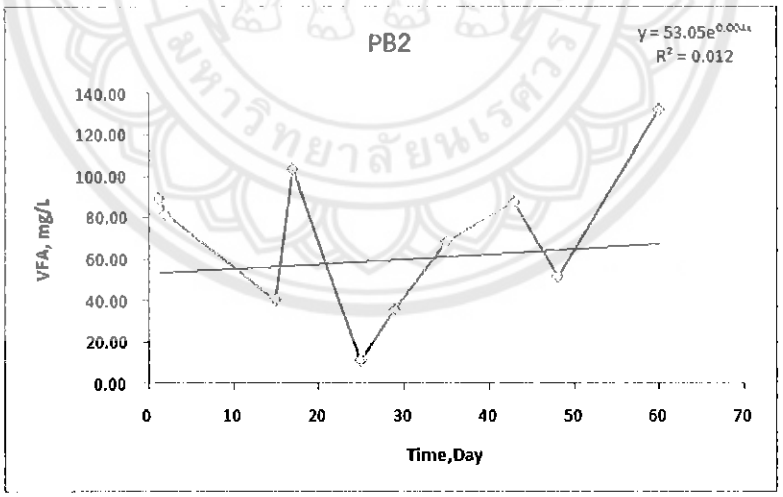
กราฟ 4-46 แสดงค่ากรดไขมันระเหยง่าย (VFA) ถังPB0 (ถังควบคุม)

จากกราฟจะพบว่าค่า VFA ในช่วง 25 วันของการทดลองนั้นจะมีความแปรปวนโดยในวันที่ 2 ของการทดลองค่า VFA อยู่ที่ 94.59 mg/l. ในวันที่ 17 ของการทดลองค่า VFA อยู่ที่ 146.61 mg/l.และลดลงมาอยู่ที่ 37.84 mg/l. ในวันที่ 25 ของการทดลอง หลังจากนั้นค่า VFA ได้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆโดยในวันที่ 60 ของการทดลองค่า VFA อยู่ที่ 141.88 mg/l



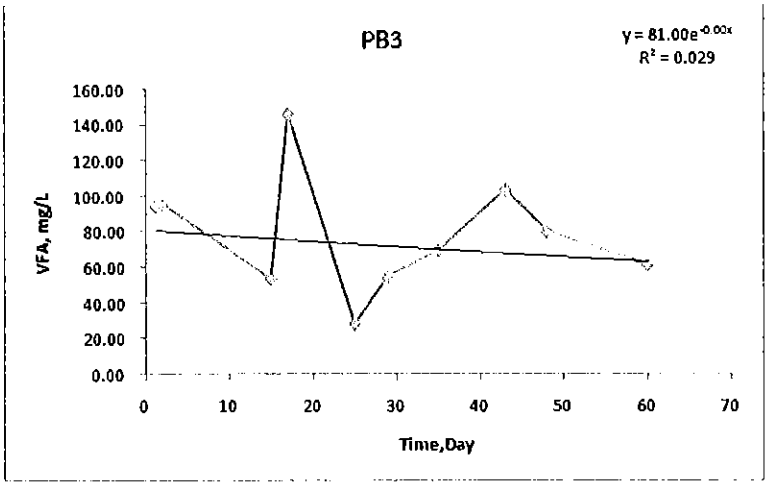
กราฟ 4-47 แสดงค่ากรดไขมันระเหยง่าย (VFA) ถังPB1

จากกราฟพบว่าในช่วง 15 วันแรกของการทดลองค่า VFA ได้มีค่าลดต่ำลงจาก 104.05 mg/l. ในวันที่ 2 ของการทดลองไปเป็น 47.29 mg/l. ในวันที่ 15 ของการทดลองหลังจากนั้นค่า VFA ก็ได้มีการเพิ่มสูงขึ้นโดยในวันที่ 43 ของการทดลองมีค่า VFA อยู่ที่ 82.29 mg/l.ก่อนที่จะมีการลดลงอีกครั้งโดยในวันที่ 60 ของการทดลองค่า VFA อยู่ที่ 47.29 mg/l



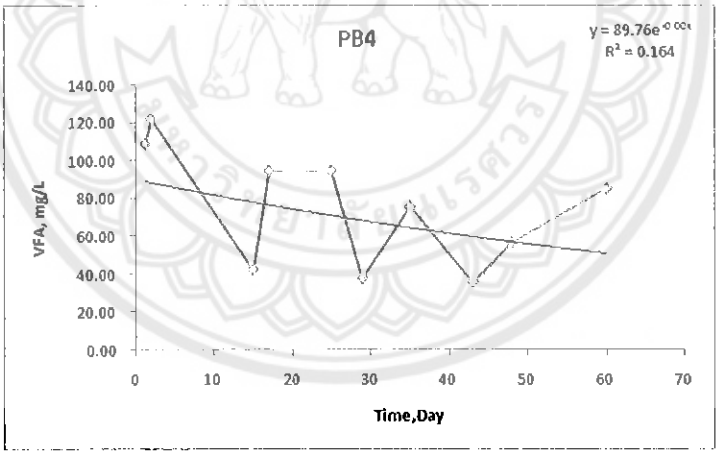
กราฟ 4-48 แสดงค่ากรดไขมันระเหยง่าย (VFA) ถังPB2

จากกราฟพบว่าค่า VFA ในช่วง 25 วันของการทดลองนั้นจะมีความแปรปวนโดยในวันที่ 2 ของการทดลองมีค่า VFA อยู่ที่ 82.29 mg/l. และวันที่ 15 ของการทดลองมีค่า VFA อยู่ที่ 40.67 mg/l. หลังจากนั้นค่า VFA ได้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆโดยในวันที่ 60 ของการทดลอง ค่า VFA อยู่ที่ 132.42 mg/l.



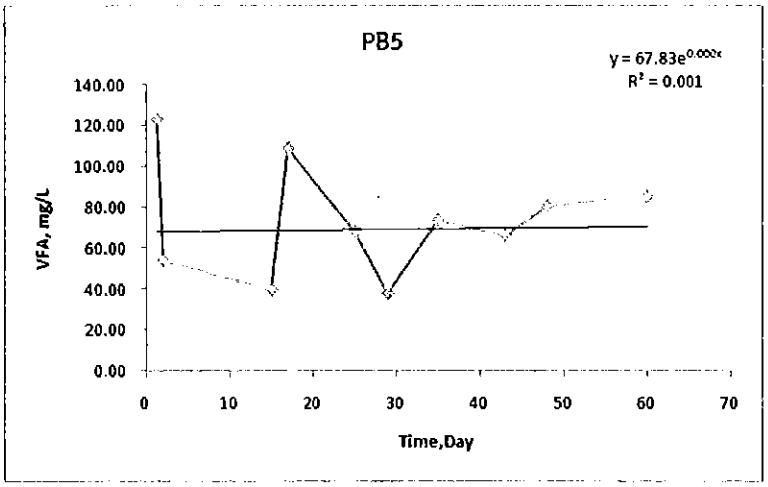
กราฟ 4-49 แสดงค่ากรดไขมันระเหยง่าย (VFA) ถังPB3

จากกราฟในช่วง 25 วันแรกของการทดลองค่า VFA มีการแปรปวนแต่โดยรวมคือ มีแนวโน้มลดลง โดยในวันที่ 2 ของการทดลองมีค่า VFA อยู่ที่ 95.53 mg/l. และในวันที่ 25 ของการทดลองค่า VFA อยู่ที่ 28.38 mg/l และได้เพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งโดยในวันที่ 43 ของการทดลงค่า VFA อยู่ที่ 104.35 mg/l หลังจากนั้นค่า VFA ได้มีค่าลดต่ำลงโดยมีค่าอยู่ที่ 61.48 mg/l ในวันที่ 60 ของการทดลอง



กราฟ 4-50 แสดงค่ากรดไขมันระเหยง่าย (VFA) ถังPB4

จากกราฟพบว่าแนวโน้มโดยรวมของค่า VFA จะมีค่าลดลงโดยในวันที่ 2 ของการทดลองค่า VFA อยู่ที่ 122.02 mg/l.และลดลงอย่างรวดเร็วโดยวันที่ 15 ของการทดลองค่า VFA อยู่ที่ 42.56 mg/l. ในช่วงวันที่ 17 ถึง 43 ของการทดลองได้มีการแปรปวนโดยในวันที่ 17 ของการทดลองค่า VFA อยู่ที่ 94.59 mg/l และมีค่า 35.94 mg/l. ในวันที่ 43 ของการทดลอง หลังจากนั้นค่า VFA ค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งโดยในวันที่ 60 ของการทดลอง มีค่า VFA อยู่ที่ 85.13 mg/l.



กราฟ 4-51 แสดงค่ากรดไขมันระเหยง่าย (VFA) ถังPB5

จากกราฟพบว่าช่วง 15 วันแรกค่า VFA ได้มีการลดลงอย่ารงรวดเร็ว จาก 122.96 mg/l. ไปเป็น 39.73 mg/l. ต่อมาค่า VFA ได้เพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งโดยในวันที่ 17 ของการทดลอง มีค่า VFA อยู่ที่ 108.78 mg/l. และได้ลดลงอีกครั้งมาอยู่ที่ 37.84 mg/l. ในวันที่ 29 ของการทดลอง หลังจากนั้นค่า VFA ได้มีการเพิ่มขึ้นเรื่อยๆโดยในวันที่ 60 ของการทดลองมีค่า VFA อยู่ที่ 85.13 mg/l.

สรุปค่ากรดไขมันระเหยง่าย(VFA: Volatile Fatty Acids)

การวิเคราะห์ค่ากรดไขมันละเหยง่าย(VFA)เป็นค่าที่แสดงถึงการสลายตัวของสารฟีนอลเนื่องจากเมื่อสารฟีนอลสลายตัวแล้วจะกลายเป็นกรดนั่นเอง ซึ่งจากการทดลองจะพบว่า ถังPB0,PB1 และ PB2 จะมีแนวโน้มของค่า VFA เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆตั้งแต่ช่วงวันที่ 25 ของการทดลองจนถึงวันสุดท้ายของการทดลอง เนื่องจากในการสลายสารฟีนอลในถังดังกล่าวเป็นไปอย่างช้าๆทำในช่วงแรกๆมีการสลายตัวของสารฟีนอลแล้วการเป็นกรดในปริมาณที่ไม่มากและทำให้ยังมีสารฟีนอลในการย่อยสลายและกลายเป็นกรดเหลืออยู่จึงสามารถตรวจวัดค่า VFA ได้สูงอยู่ในถังดังกล่าว แต่เมื่อเทียบในช่วงเวลาเดียวกันในถัง PB3,PB4 และ PB5 จะมีแนวโน้มของค่า VFA ลดลงเมื่อเทียบกับช่วงแรกของการทดลองเนื่องจากในถังดังกล่าวมีการย่อยสลายสารฟีนอลได้รวดเร็วกว่าทำให้มีค่า VFV สูงในตอนแรกและค่อยๆลดต่ำลงในช่วงกลางถึงท้ายการทดลองเพราะมีสารฟีนอลที่จะย่อยสลายแล้วการเป็นกรดนั้นน้อยลงนั่นเอง

สรุปความสัมพันธ์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆและจำนวนต้นหญ้าแฝกที่เหมาะสมสำหรับแพขนาด 40*20 cm.

ความสัมพันธ์ต่างๆเมื่อค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลลดลง ค่า ซีโอดี(COD), ของแข็งขวนลอย(SS) จะมีแนวโน้มลดลงตามลงไปด้วย ส่วนค่า VFA นั้นเมื่อค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลมีแนวโน้มลดลงค่า VFA จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในส่วนของความขุ่นนั้นมีแนวโน้มลดต่ำลงในช่วงแรกที่มีการลดลงของค่าต่างๆที่กล่าวมาข้างต้นอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อค่าต่างๆมีแนวโน้มลดช้าลงค่าความขุ่นได้มีค่าเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้ง

จำนวนต้นหญ้าแฝกที่เหมาะสมสำหรับแพขนาด 40*20 cm. คือ แพหญ้าแฝกในถังPB3 ซึ่งมีจำนวนหญ้าแฝก 60 ต้น เพราะประสิทธิภาพในการสลายสารฟีนอลของแพหญ้าแฝกในถัง PB3 ซึ่งมีจำนวนหญ้าแฝก 60 ต้น และ PB5 ซึ่งมีจำนวนหญ้าแฝก 100 ต้น มีความสามารถที่ใกล้เคียงกันเราจึงเลือกใช้จำนวนแพที่ใช้จำนวนต้นหญ้าแฝกที่น้อยกว่าเพื่อความประหยัดและคุ้มค่าในการใช้ ทรัพยากร

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ผลการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกแต่ละกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ความยาวของรากหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง PB1, PB2, PB3 และ PB4 จะมีความยาวของรากอยู่ในช่วง 0 - 5 cm. เป็นส่วนใหญ่ส่วน PB5 มีความยากของรากหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างอยู่ในช่วง 20 – 25 cm. มากที่สุด เมื่อทำการนับจำนวนรากในสัปดาห์ต่อๆมาพบว่าในทุกกลุ่มตัวอย่างจะมีจำนวนรากลดลงซึ่งเกิดจากการ เน่า เปื่อย ย่อยสลาย แต่พบว่ารากหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างของแพ PB3 ได้มีจำนวนรากเพิ่มขึ้น จาก 19 ราเป็น 22 ราก(ในการวัดครั้งที่ 5-6) ในขณะที่หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพอื่นไม่ได้มีการเพิ่มขึ้นจำนวนของรากขึ้นแต่อย่างใด

ในส่วนของการนับจำนวนใบเขียวและใบเหลืองนั้น พบว่า จำนวนใบเขียวในทุกๆกลุ่มตัวอย่างมีการลดจำนวนลงอย่างต่อเนื่อง โดยหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพ PB1 และ PB2 จำนวนใบเขียวได้หมดลงตั้งแต่ในช่วงวันที่ 35 ของการทำการทดลอง ส่วนหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพ PB4 และ PB5 ในช่วงวันที่ 35 – 49 ของการทำการทดลองพบว่ายังมีการลดลงของจำนวนใบเขียวในหญ้าแฝกในกลุ่มตัวอย่าง ในขณะที่หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพ PB3 มีจำนวนใบเขียวคงที่ในช่วงวันที่ 35 – 49 ของการทำการทดลองซึ่งเป็นการสิ้นสุดในการทดลองวัดการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก

ในส่วนของน้ำหนักหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแต่ละแพ จะพบว่าน้ำหนักได้มีการลดลงเรื่อยๆอย่างต่อเนื่องแต่ก็ได้พบว่าน้ำหนักหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพ PB2 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 14 – 21 ของการทำการทดลอง จาก 24.484 g.เป็น 29.690 g. หลังจากนั้นน้ำหนักของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างก็ลดลงอย่างมาก เป็น 12.267 g. และ 10.876 g. ในช่วงวันที่ 35 และ 49 ตามลำดับ และน้ำหนักหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพ PB3 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 21– 35 ของการทำการทดลอง จาก 22.137 g.เป็น 22.854 g. และได้มีการลดลงอีกเล็กน้อยโดยมีน้ำหนักอยู่ที่ 21.141 g. ในวันที่ 49 ของการทดลอง ส่วนน้ำหนักหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแพ PB1,PB4 และ PB5 พบว่ามีการลดลงของน้ำหนักหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างอย่างต่อเนื่องตลอดการทดลอง โดยที่ไม่มีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเลยตลอดช่วงการทดลอง

จากผลการทดลองทั้งหมดในการวัดการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่างในแต่ละแพสรุปได้ว่า หญ้าแฝกที่มีการเจริญเติบโตในน้ำเสียที่ปนเปื้อนสารฟีนอลได้ดีที่สุด คือ แพหญ้าแฝกใน ถัง PB3

5.1.2 ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการสลายสารฟีนอล พบว่า ถัง PB0 ซึ่งเป็นถังควบคุมไม่มีการใส่แพของหญ้าแฝกลงไปการสลายตัวของสายฟีนอลเป็นไปอย่างช้าๆ โดยอัตราการสลายตัวของสารฟีนอลอยู่ที่ 0.03 ค่าของเข้มข้นของสารฟีนอลที่ทำการวัดในวันสุดท้ายของการทดลอง(วันที่ 60 ของการทดลอง)อยู่ที่ 55 mg/l. ถัง PB1 มีอัตราการสลายตัวของสารฟีนอลอยู่ที่ 0.06 ค่าความเข้มข้นของสาร

ฟีนอลในวันสุดท้ายของการทดลองมีค่าอยู่ที่ 5.9 mg/l. ถัง PB2 มีอัตราการสลายตัวของสารฟีนอลอยู่ที่ 0.10 โดยมีค่าความเข้มข้นลดลงมาจนมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ในวันที่ 35 ของการทดลองมีค่าความเข้มข้นสารฟีนอลอยู่ที่ 6.5 mg/l.และค่าความเข้มข้นที่ทำการวัดในวันสุดท้ายของการทดลองค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลอยู่ที่ 3.5 mg/l. ถัง PB3 มีอัตราการสลายตัวของสารฟีนอลอยู่ที่ 0.11 ค่าความเข้มข้นลดลงมาจนมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ในวันที่ 25 ของการทดลองมีค่าความเข้มข้นสารฟีนอลอยู่ที่ 11.3 mg/l. และในวันสุดท้ายของการทดลองสามารถวัดค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลได้ 1.5 mg/l. ถัง PB4 มีอัตราการสลายตัวของสารฟีนอลอยู่ที่ 0.12 ค่าความเข้มข้นลดลงมาจนมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ในวันที่ 25 ของการทดลองมีค่าความเข้มข้นสารฟีนอลอยู่ที่ 35.0 mg/l.ในวันสุดท้ายของการทดลองสามารถวัดค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลได้ 1.2 mg/l. ถัง PB5 มีอัตราการสลายตัวของสารฟีนอลอยู่ที่ 0.16 ซึ่งเป็นอัตราการสายตัวที่เร็วที่สุดโดยค่าความเข้มข้นลดลงมาจนมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ในวันที่ 25 ของการทดลองมีค่าความเข้มข้นสารฟีนอลอยู่ที่ 9.5 mg/l. ส่วนในวันสุดท้ายของการทดลองนั้นค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลได้ลดน้อยลงจนเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดไม่สามารถวัดค่าของความเข้มข้นได้

สรุปได้ว่าถังที่มีการสลายตัวของสารฟีนอลดีที่สุด คือ ถัง PB5 รองลงมา คือ ถัง PB3 และ PB4 ส่วนถัง PB0, PB1 และ PB3 มีประสิทธิภาพในการสลายตัวของสารฟีนอลต่ำมาก

5.1.3 ในการวิเคราะห์ค่าซีโอดี(COD) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสกปรกของน้ำ พบว่า ถัง PB0 (ถังควบคุม) มีอัตราการลดลงของค่าซีโอดี(COD) อยู่ที่ 0.05 ค่าที่วัดได้ในวันสุดท้ายที่ทำการวัด(วันที่ 48 ของการทดลอง)อยู่ที่ 145.45 mg/l. ถัง PB1 มีอัตราการลดลงของค่าซีโอดี(COD) อยู่ที่ 0.04 ค่าที่วัดได้ในวันสุดท้ายที่ทำการวัดอยู่ที่ 145.45 mg/l. (เท่ากับถัง PB0) ถัง PB2 มีอัตราการลดลงของค่าซีโอดี(COD) อยู่ที่ 0.05 ค่าที่วัดได้ในวันสุดท้ายที่ทำการวัด อยู่ที่ 109.09 mg/l. ถัง PB3 มีอัตราการลดลงของค่าซีโอดี(COD) อยู่ที่ 0.08 ค่าที่วัดได้ในวันสุดท้ายที่ทำการวัดอยู่ที่ 72.73 mg/l. ถัง PB4 มีอัตราการลดลงของค่าซีโอดี(COD) อยู่ที่ 0.05 ค่าที่วัดได้ในวันสุดท้ายที่ทำการวัดอยู่ที่ 181.82 mg/l. สุดท้ายถัง PB5 มีอัตราการลดลงของค่าซีโอดี(COD) อยู่ที่ 0.04 ค่าที่วัดได้ในวันสุดท้ายที่ทำการวัดอยู่ที่ 218.18 mg/l.

สรุปได้ว่าถังที่มีประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดี(COD)ได้ดีที่สุด คือ PB3 รองลงมา คือ PB2, PB4,PB1, PB5 และ PB0 ตามลำดับ

5.1.4 จากที่ได้ทำการตรวจวัดค่าของแข็งแขวนลอย(SS) พบว่า ค่าของแข็งแขวนลอยในถัง PB1PB5 มีแนวโน้มลดลงจนลดลงต่ำสุดในวันที่ 25 ของการทดลองก่อนที่จะมีค่าเพิ่มขึ้นอีกครั้งจนถึงจบการทดลอง ส่วนในถัง PB0 ค่าของแข็งแขวนลอย(SS)มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยและลดต่ำสุดในวันที่ 25 ของการทดลองก่อนที่จะมีค่าเพิ่มขึ้นอีกครั้งจนถึงจบการทดลองเช่นเดียวกับถัง PB1-PB5 ถัง PB0 มี ค่าของแข็งแขวนลอย(SS) ต่ำสุดอยู่ที่ 17.50 mg/l. และค่าสุดท้ายที่ทำการวัดได้ในวันสุดท้ายของการทดลอง (วันที่ 60 ของการทดลอง) 58.00 mg/l. ถัง PB1 มี ค่าของแข็งแขวนลอย(SS) ต่ำสุดอยู่ที่ 7.50 mg/l. และค่าสุดท้ายที่ทำการวัดได้ในวันสุดท้าย ของการทดลอง 348.00 mg/l. ถัง PB2 มีค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ต่ำสุดอยู่ที่ 5.00 mg/l. และค่าสุดท้ายที่ทำการวัดได้ในวันสุดท้ายของการทดลอง 650.00

mg/l. ถัง PB3 มี ค่าของแข็งแขวนลอย(SS) ต่ำสุดอยู่ที่ 10.0 mg/l. และค่าสุดท้ายที่ทำการวัดได้ในวันสุดท้ายของการทดลอง 722.00 mg/l. ถัง PB4 มี ค่าของแข็งแขวนลอย(SS) ต่ำสุดอยู่ที่ 10.0 mg/l. และค่าสุดท้ายที่ทำการวัดได้ในวันสุดท้าย ของการทดลอง 750.00 mg/l. และสุดท้ายในถัง ถัง PB5 มีค่าของแข็งแขวนลอย(SS) ต่ำสุดอยู่ที่ 17.50 mg/l. และค่าสุดท้ายที่ทำการวัดได้ในวันสุดท้ายของการทดลอง 1640.00 mg/l.

จากข้อมูลทั้งหมดสรุปได้ว่า ถังPB5 มีค่าของแข็งแขวนลอยสูงสุด รองลงมา คือ ถัง PB4,PB3,PB2, PB1 และ PB0 ตามลำดับ

5.1.5 ในการตรวจวัดค่าความขุ่นในแต่ละถังพบว่าในทุกถังมีค่าความลดลงต่ำสุดในวันที่ 25 ของการทดลองเหมือนกันทุกถังก่อนจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งจนจบการทดลอง ถังPB0 มีค่าความขุ่นต่ำสุดอยู่ที่ 28.40 NTU และมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งโดยในครั้งสุดท้ายที่ได้ทำการมีค่าวัดค่าความขุ่นอยู่ที่ 104 NTU (วันที่ 43 ของการทดลอง) ถังPB1 มีค่าความขุ่นต่ำสุดอยู่ที่ 9.98 NTU และครั้งสุดท้ายที่ได้ทำการมีค่าวัดค่าความขุ่นอยู่ที่ 14.15 NTU ถังPB2 มีค่าความขุ่นต่ำสุดอยู่ที่ 4.12 NTU และครั้งสุดท้ายที่ได้ทำการมีค่าวัดค่าความขุ่นอยู่ที่ 353.50 NTU ถังPB3 มีค่าความขุ่นต่ำสุดอยู่ที่ 4.22 NTU และครั้งสุดท้ายที่ได้ทำการมีค่าวัดค่าความขุ่นอยู่ที่ 453.50 NTU ถังPB4 มีค่าความขุ่นต่ำสุดอยู่ที่ 4.15 NTU และครั้งสุดท้ายที่ได้ทำการมีค่าวัดค่าความขุ่นอยู่ที่ 580.50 NTU และสุดท้ายถังPB5 มีค่าความขุ่นต่ำสุดอยู่ที่ 14.60 NTU และครั้งสุดท้ายที่ได้ทำการมีค่าวัดค่าความขุ่นอยู่ที่ 938.00 NTU

5.1.6 การวิเคราะห์ค่ากรดไขมันละเหยง่าย(VFA)เป็นค่าที่แสดงถึงการสลายตัวของสารฟีนอล เนื่องจากเมื่อสารฟีนอลสลายตัวแล้วจะกลายเป็นกรดนั่นเอง ซึ่งจากการทดลองจะพบว่า ถังPB0,PB1 และ PB2 จะมีแนวโน้มของค่า VFA เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆตั้งแต่ช่วงวันที่ 25 ของการทดลองจนถึงวันสุดท้ายของการทดลอง เนื่องจากในการสลายสารฟีนอลในถังดังกล่าวเป็นไปอย่างช้าๆทำในช่วงแรกๆมีการสลายตัวของสารฟีนอลแล้วการเป็นกรดในปริมาณที่ไม่มากและทำให้ยังมีสารฟีนอลในการย่อยสลายและกลายเป็นกรดเหลืออยู่จึงสามารถตรวจวัดค่า VFA ได้สูงอยู่ในถังดังกล่าว แต่เมื่อเทียบในช่วงเวลาเดียวกันในถัง PB3,PB4 และ PB5 จะมีแนวโน้มของค่า VFA ลดลงเมื่อเทียบกับช่วงแรกของการทดลองเนื่องจากในถังดังกล่าวมีการย่อยสลายสารฟีนอลได้รวดเร็วกว่าทำให้มีค่า VFV สูงในตอนแรกและค่อยๆลดต่ำลงในช่วงกลางถึงท้ายการทดลองเพราะมีสารฟีนอลที่จะย่อยสลายแล้วการเป็นกรดนั้นน้อยลงนั่นเอง

5.1.7 ความสัมพันธ์ต่างๆเมื่อค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลลดลง ค่าซีโอดี(COD), ของแข็งแขวนลอย(SS) จะมีแนวโน้มลดลงตามลงไปด้วย ส่วนค่า VFA นั้นเมื่อค่าความเข้มข้นของสารฟีนอลมีแนวโน้มลดลงค่า VFA จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในส่วนของความขุ่นนั้นมีแนวโน้มลดต่ำลงในช่วงแรกที่มีการลดลงของค่าต่างๆที่กล่าวมาข้างต้นอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อค่าต่างๆมีแนวโน้มลดช้าลงค่าความขุ่นได้มีค่าเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้ง

5.1.8 จำนวนต้นหญ้าแฝกที่เหมาะสมสำหรับแพขนาด 40*20 cm. คือ แพหญ้าแฝกในถัง PB3 ซึ่งมีจำนวนหญ้าแฝก 60 ต้น เพราะประสิทธิภาพในการสลายสารฟีนอลของแพหญ้าแฝกในถัง PB3 ซึ่งมีจำนวนหญ้าแฝก 60 ต้น และ PB5 ซึ่งมีจำนวนหญ้าแฝก 100 ต้น มีความสามารถที่ใกล้เคียงกันเราจึงเลือกใช้จำนวนแพที่ใช้จำนวนต้นหญ้าแฝกที่น้อยกว่าเพื่อความประหยัดและคุ้มค่าในการใช้ ทรัพยากร

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.1.1 การทดลองนี้มีการใช้บุคคลในการเก็บตัวอย่างหลายคนซึ่งอาจทำให้ค่าต่างๆที่วัดได้ความผิดพลาดเนื่องจากผู้เก็บตัวอย่างควรมีวิธีเก็บน้ำตัวอย่างที่ทำให้ได้ผลแน่นอนกว่านี้

5.1.2 ควรมีการศึกษาทดลองใช้หญ้าแฝกในการบำบัดสารพิษชนิดอื่นที่ยังไม่เคยมีการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

[1] พันธวัศ สัมพันธ์พานิช .(2558). การฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อนโลหะหนักด้วยพืช Phytoremediation. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2] ศิริลักษณ์ กล้าการขาย.(2548). การบำบัดแคดเมียมที่ปนเปื้อนในดินโดยใช้หญ้าแฝก. วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร.

[3] พญ.เกศ สัตยพงศ์. (2555). Phenol. มูลนิธิสัมมาอาชีวะ.

[4] ผศ.ดร.วราภรณ์ พาราสุข. ฟีนอล ใน เอกสารประกอบคำบรรยายวิชาเคมีอินทรีย์ . กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ .

[5] กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม . (2539) .ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2539 เรื่องกำหนดค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม .

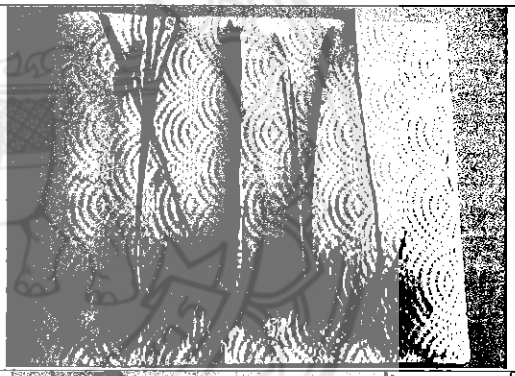
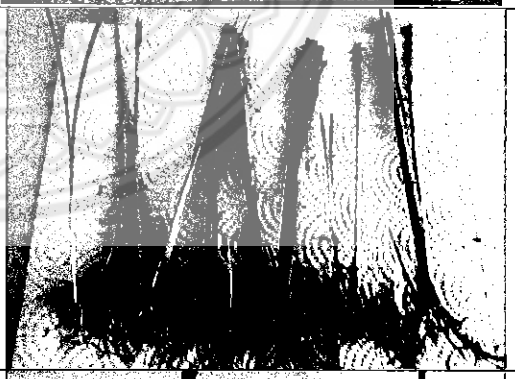
[6] กรมพัฒนาที่ดิน . (2541) . ความรู้เรื่องหญ้าแฝก VETIVER GRASS OVERVIEW .

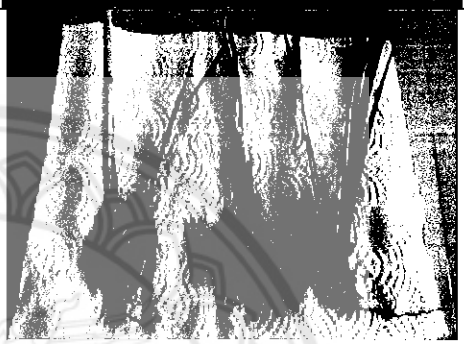
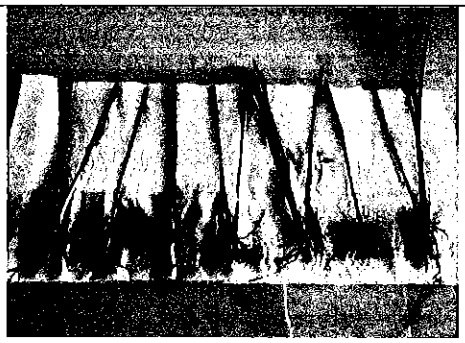
[7] ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์ . (2556) . การลักลอบทิ้งกากอุตสาหกรรม สารปนเปื้อนตกค้าง และวิศวกรรมการฟื้นฟูพื้นที่ปนเปื้อน . คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

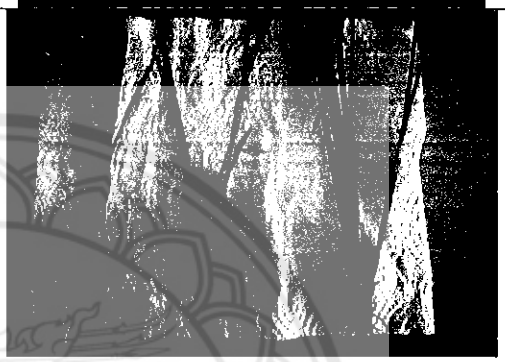
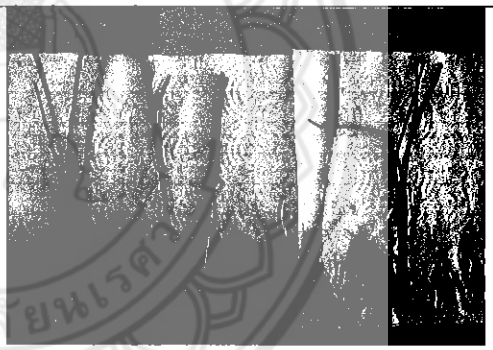
[8] วรางค์ลักษณ์ ซ่อนกลิ่น . (2554) . คู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย . คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

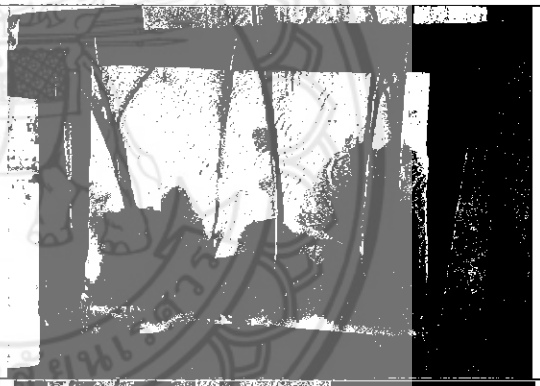
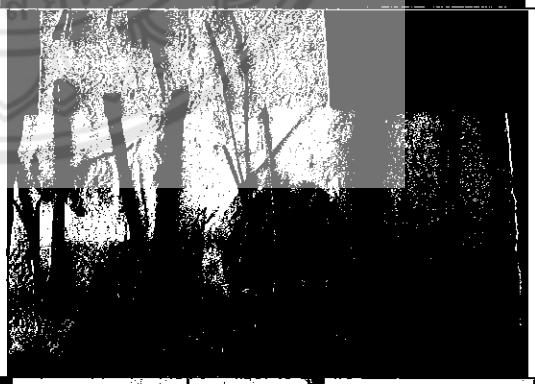
ภาคผนวก

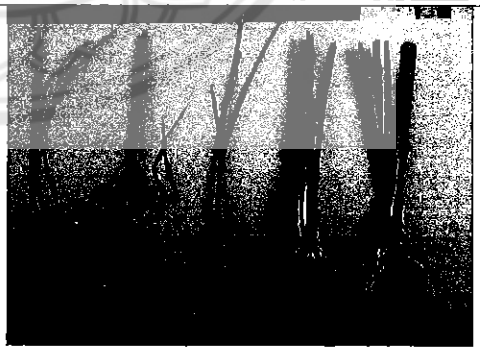
ภาคผนวก ก
ภาพหญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง

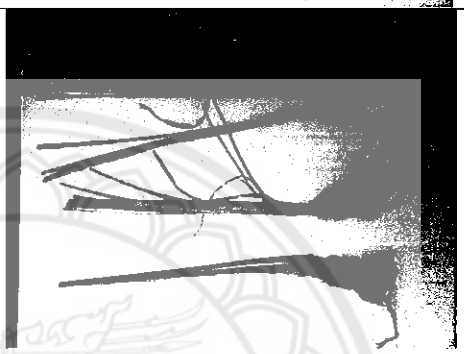
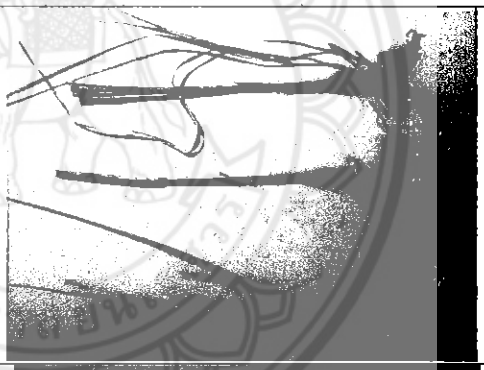
วันที่ 19 ต.ค. 2557	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB1	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB2	รูปภาพสูญหาย
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB3	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB4	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB5	

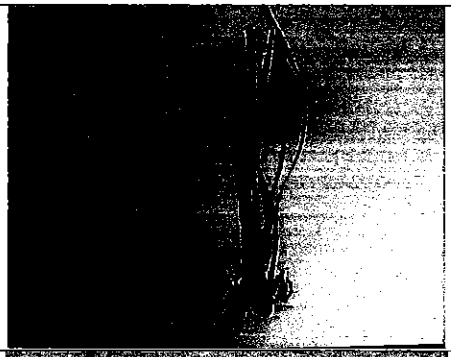
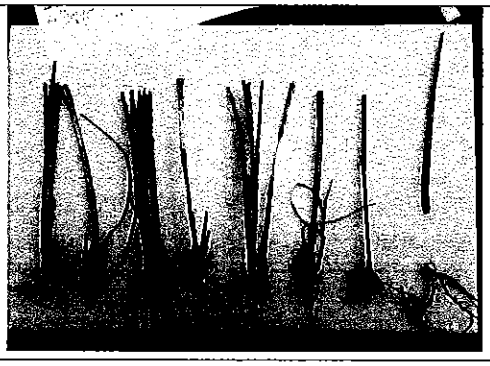
วันที่ 26 ต.ค. 2557	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB1	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB2	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB3	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB4	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB5	

วันที่ 2 พ.ย.2557	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB1	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB2	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB3	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB4	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB5	

วันที่ 9 พ.ย.2557	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB1	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB2	รูปภาพสูญหาย
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB3	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB4	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB5	

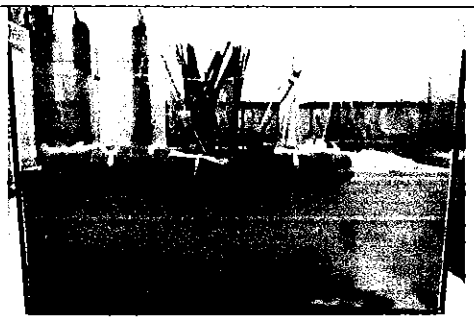
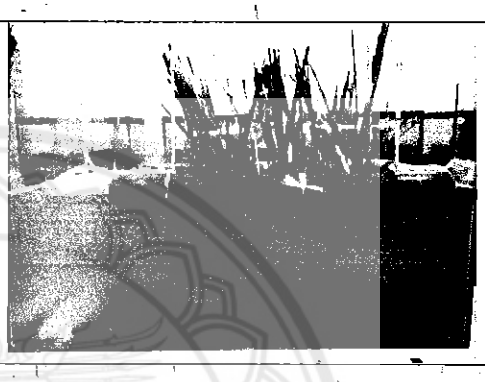
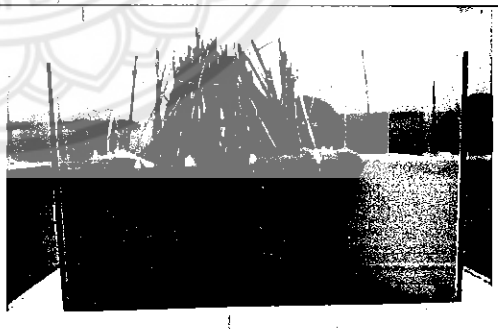
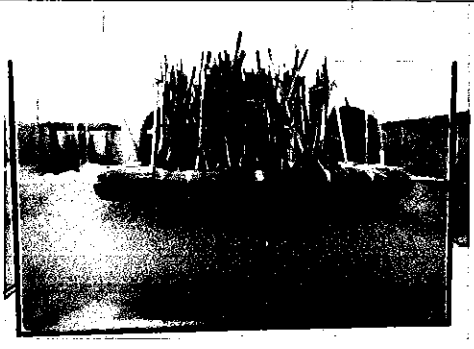
วันที่ 23 พ.ย. 2557	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB1	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB2	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB3	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB4	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB5	

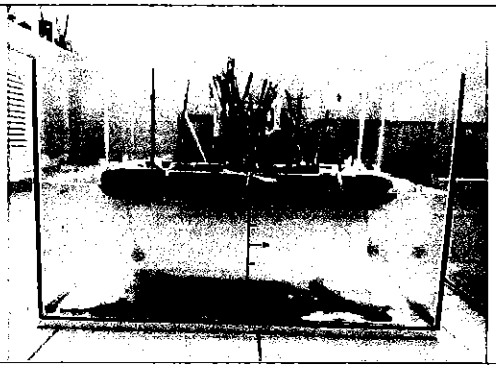
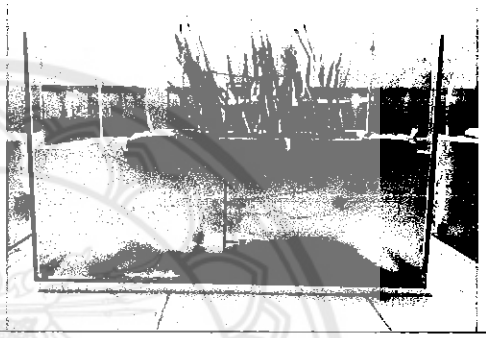
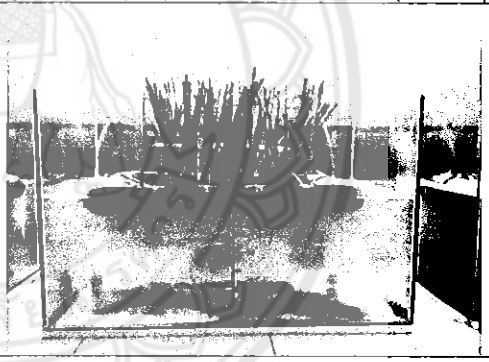
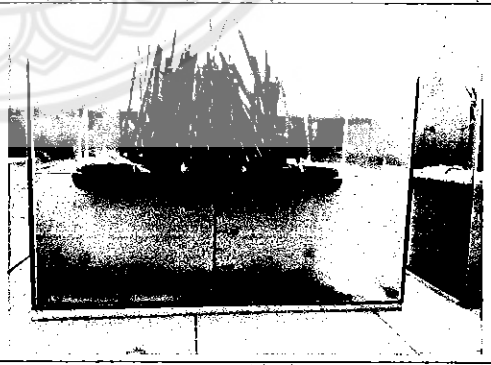
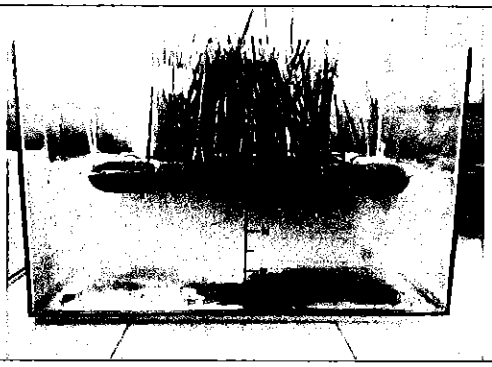
วันที่ 30 พ.ย. 2557	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB1	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB2	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB3	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB4	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB5	

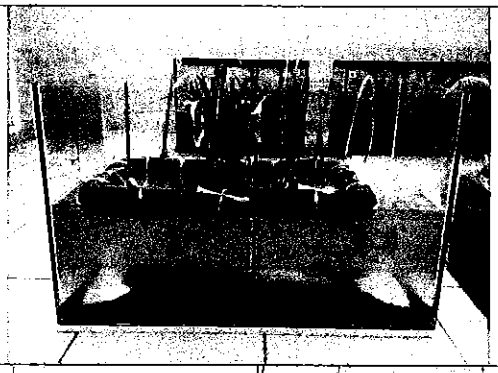
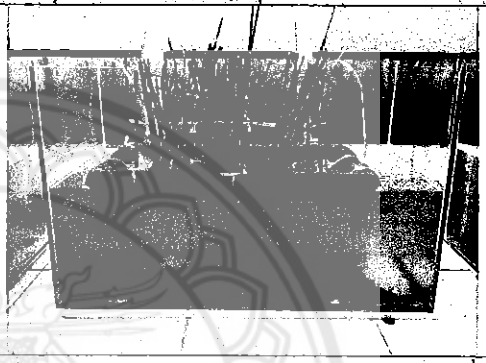
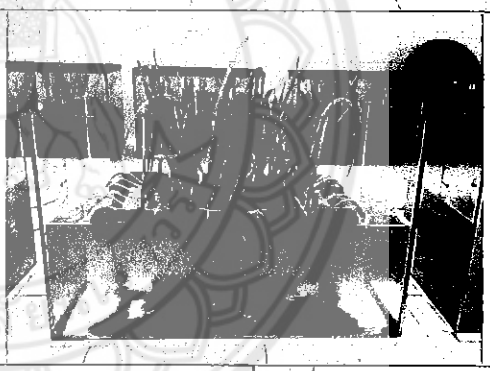
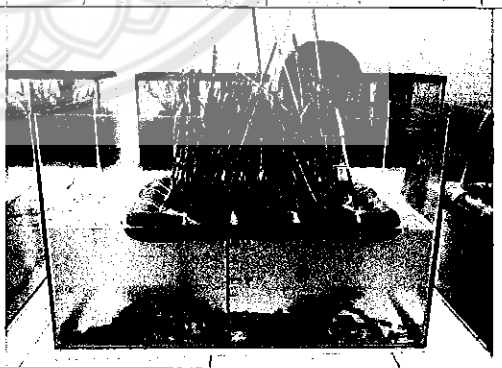
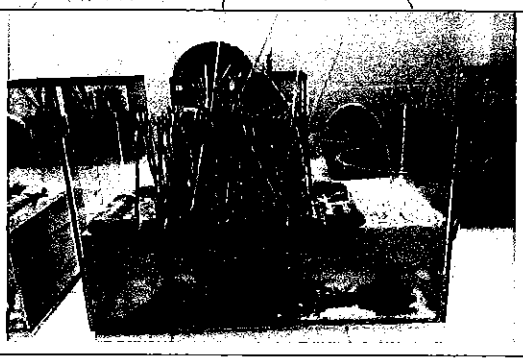
วันที่ 7 ธ.ค. 2557	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB1	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB2	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB3	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB4	
หญ้าแฝกกลุ่มตัวอย่าง ถัง PB5	

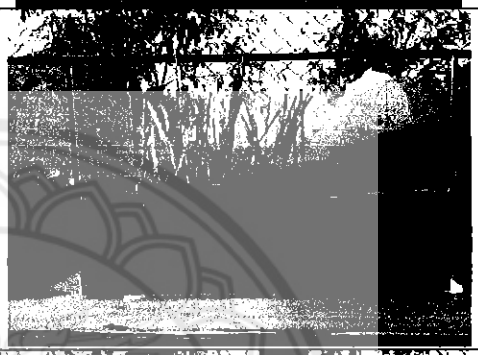
ภาคผนวก ข

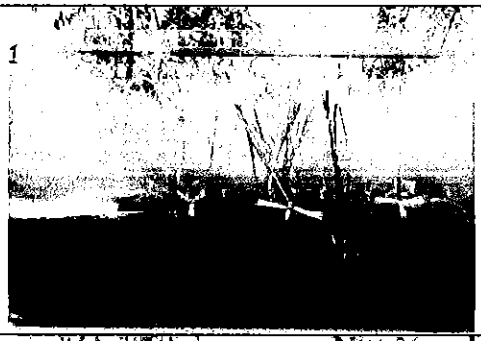
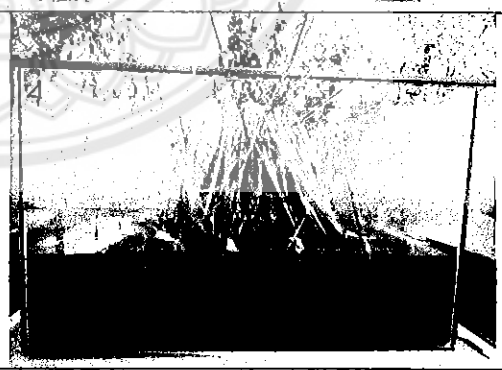
ภาพถังทดลอง(ด้านข้าง)

วันที่ 19 ต.ค. 2557	
ถัง PB1	
ถัง PB2	
ถัง PB3	
ถัง PB4	
ถัง PB5	

วันที่ 26 ต.ค. 2557	
ถัง PB1	
ถัง PB2	
ถัง PB3	
ถัง PB4	
ถัง PB5	

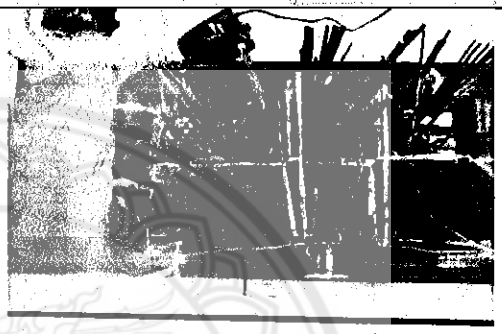
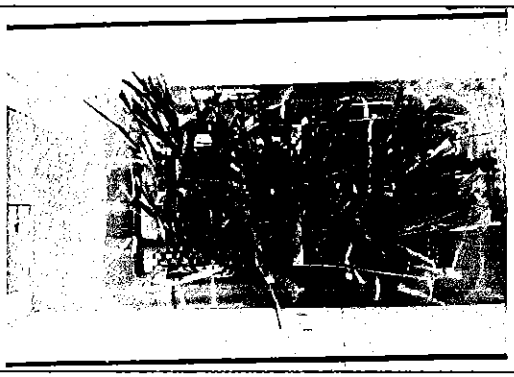
วันที่ 2 พ.ย.2557	
ถัง PB1	
ถัง PB2	
ถัง PB3	
ถัง PB4	
ถัง PB5	

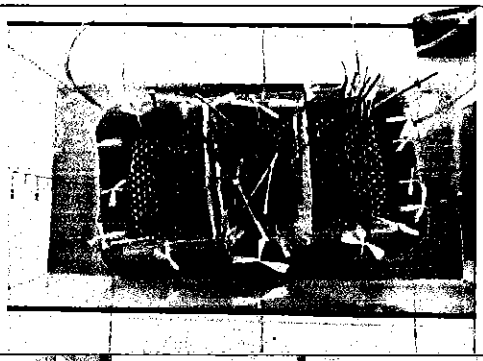
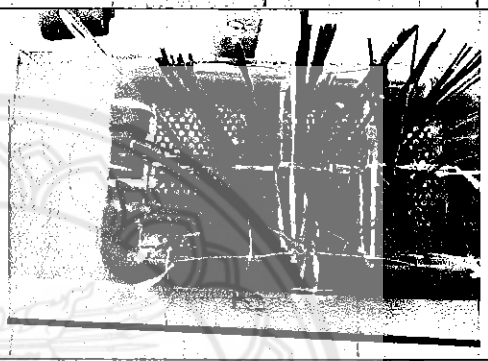
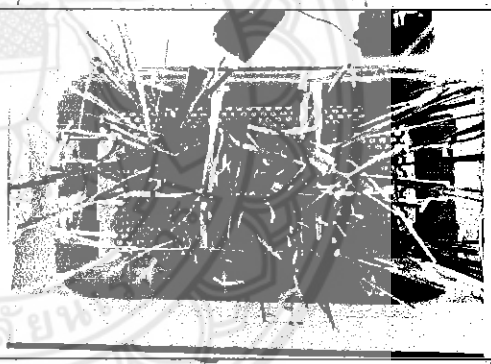
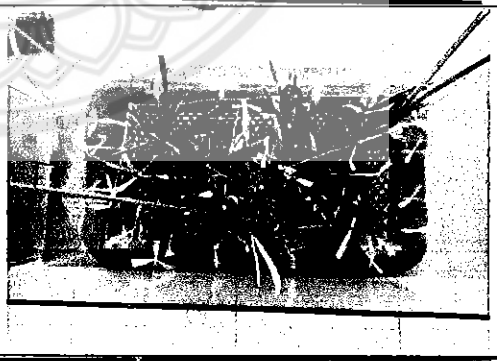
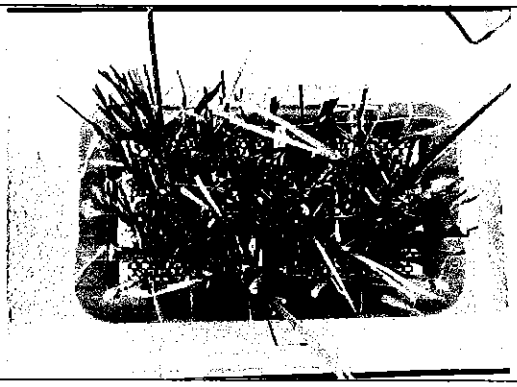
วันที่ 23 พ.ย.2557	
ถัง PB1	
ถัง PB2	
ถัง PB3	
ถัง PB4	
ถัง PB5	

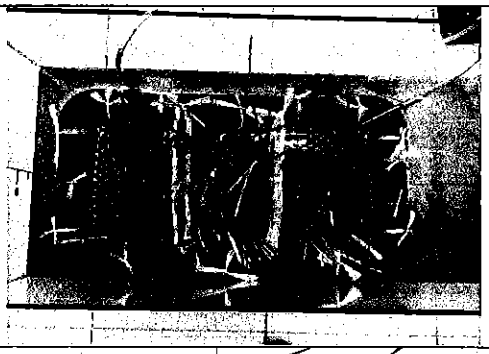
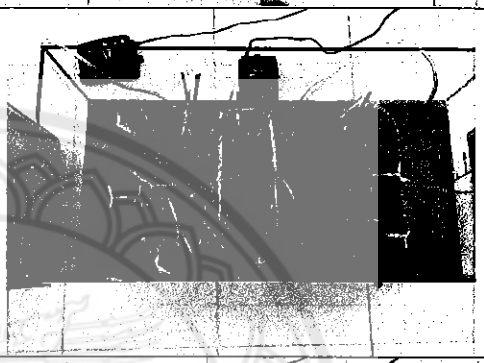
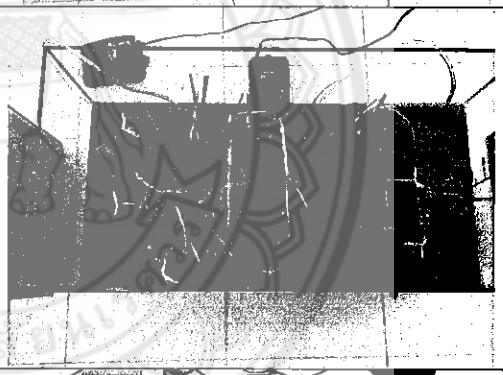
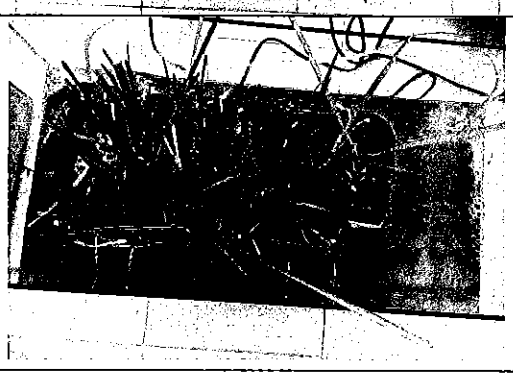
วันที่ 7 ธ.ค.2557	
ถัง PB1	
ถัง PB2	
ถัง PB3	
ถัง PB4	
ถัง PB5	

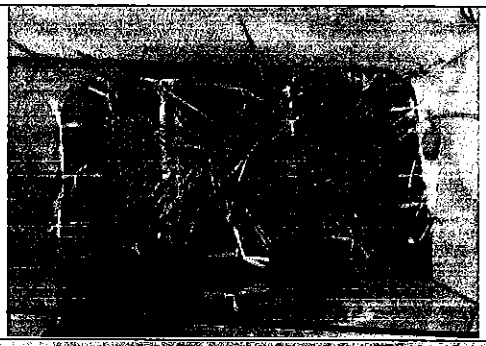
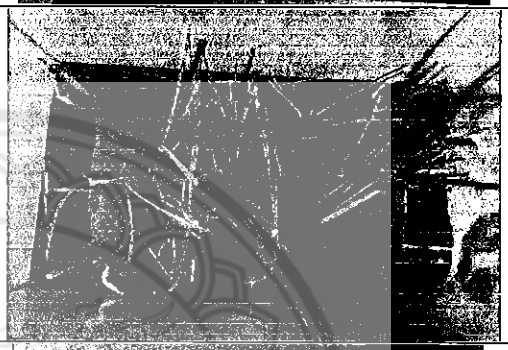
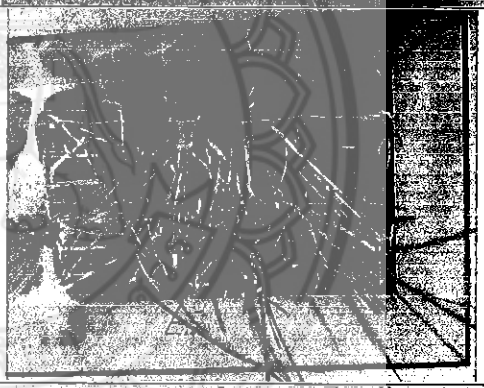
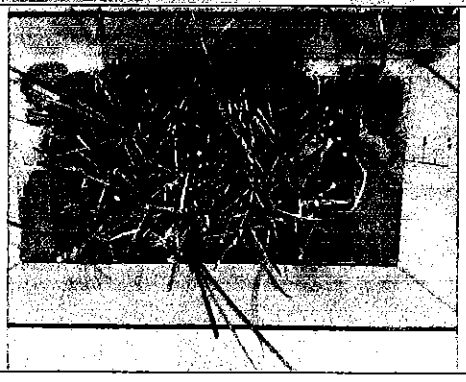
ภาคผนวก ค

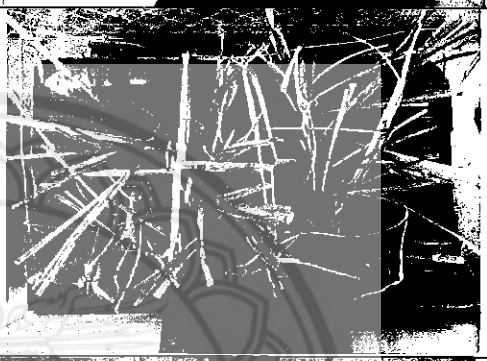
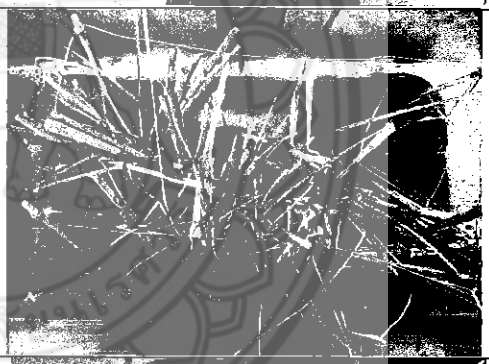
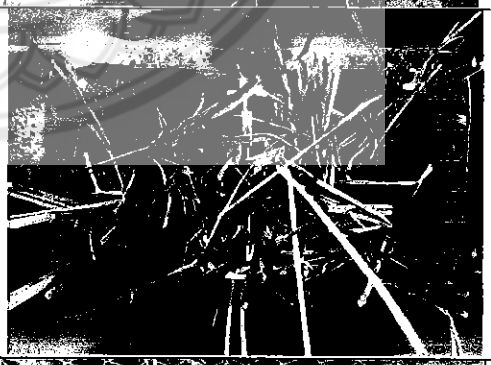
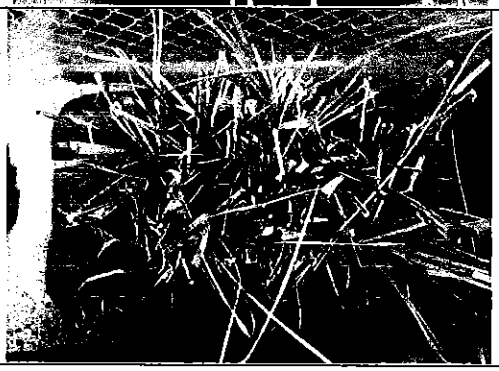
ภาพถังทดลอง(ด้านบน)

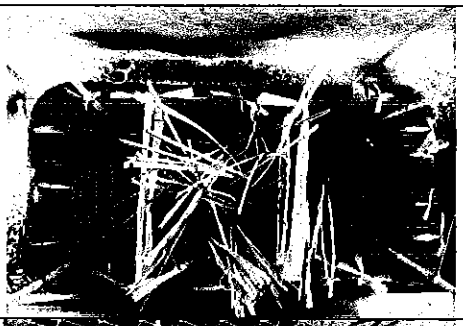
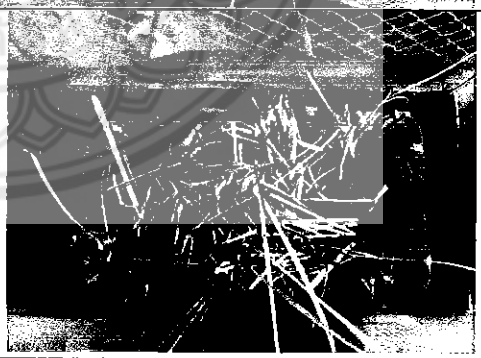
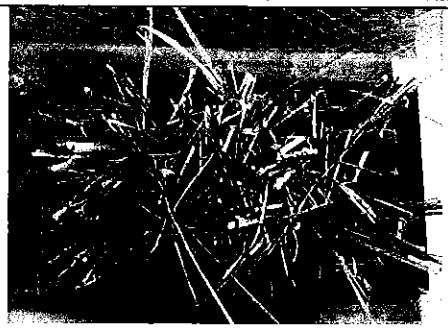
วันที่ 19 ต.ค.2557	
ถัง PB1	
ถัง PB2	
ถัง PB3	
ถัง PB4	
ถัง PB5	

วันที่ 26 ต.ค.2557	
ถัง PB1	
ถัง PB2	
ถัง PB3	
ถัง PB4	
ถัง PB5	

วันที่ 2 พ.ย.2557	
ถัง PB1	
ถัง PB2	
ถัง PB3	
ถัง PB4	
ถัง PB5	

วันที่ 9 พ.ย.2557	
ถัง PB1	
ถัง PB2	
ถัง PB3	
ถัง PB4	
ถัง PB5	

วันที่ 23 พ.ย.2557	
ถัง PB1	
ถัง PB2	
ถัง PB3	
ถัง PB4	
ถัง PB5	

วันที่ 7 ธ.ค.2557	
ถัง PB1	
ถัง PB2	
ถัง PB3	
ถัง PB4	
ถัง PB5	

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ

ชื่อ – สกุล นางสาวดารัตน์ สังส้ม

เกิดเมื่อ 4 พฤศจิกายน 2535

ภูมิลำเนา 16 ม.11 ต.นาขอม อำเภอไพศาลี จังหวัดนครสวรรค์ 60220

ประวัติการศึกษา จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนวังพิกุลพิทยาคม จังหวัดเพชรบูรณ์

ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail darad_732@hotmail.com

ชื่อ – สกุล นางสาวพิมพ์ชนก เลิศรสนันทการ

เกิดเมื่อ 10 กันยายน 2535

ภูมิลำเนา 95/1 หมู่ 15 ตำบลหนองกรด อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ 60180

ประวัติการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนนวมินทราชูทิศ มัชฌิม จังหวัดนครสวรรค์

ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail ann_lonely@hotmail.co.th