ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกหอม *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash และหญ้าแฝกดอน *Vetiveria nemoralis* A. Camus ในการกำจัดโครเมียมในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น เพื่อการบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้ายจากโรงฟอกหนัง

นางสาววงศ์พงา เส็งสาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-0789-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHROMIUM REMOVAL EFFICIENCY BY *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash AND *Vetiveria nemoralis* A. Camus IN CONSTRUCTED WETLANDS FOR TANNERY POST-TREATMENT WASTEWATER

MISS WONGPANGA SENGSAI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Science
Inter-department of Environmental Science
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2001

ISBN 974–03–0789-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกหอม *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash และ หญ้าแฝกดอน *Vetiveria nemoralis* A.Camus ในการกำจัดโครเมียมในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น เพื่อการบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้ายจากโรงฟอกหนัง
โดย	นางสาววงศ์พงา เส็งสาย
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ธเรศ ศรีสถิตย์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

_____ คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กีระนันทน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____ ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์)

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธเรศ ศรีสถิตย์)

_____ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์)

_____ กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วงศ์พงา เส็งสาย : ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกหอม *Vertiveria zizanioides* (Linn.) Nash และแฝกดอน *Vetiveria nemoralis* A. Camus ในการกำจัดโครเมียมในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น เพื่อการการบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้ายจากโรงฟอกหนัง (CHROMIUM REMOVAL EFFICIENCY BY *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash AND *Vetiveria nemoralis* A.Camus IN CONSTRUCTED WETLANDS FOR TANNERY POST-TREATMENT WASTEWATER) อ. ที่ปรึกษา :รองศาสตราจารย์ ดร.ธเรศ ศรีสถิตย์,อ.ที่ปรึกษาร่วม : รองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์ ,177 หน้า. ISBN 974-03-0789-2

การศึกษาประสิทธิภาพของแฝกหอม *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash สายพันธุ์สุราษฎร์ธานี และแฝกดอน *Vetiveria nemoralis* A.Camus สายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียขั้นสุดท้ายจากโรงฟอกหนัง โดยศึกษาถึงความลึกที่เหมาะสมกับหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ในการบำบัดน้ำเสีย เปรียบเทียบกับการทดลองที่ไม่ปลูกพืชโดยทำการสร้างพื้นที่ชุ่มน้ำแบบไหลผ่านพื้นผิว (FWS) จำนวน 12 แบบการทดลอง แบ่งเป็นแบบการทดลองศึกษาประสิทธิภาพ 9 แบบการทดลอง ศึกษาการเจริญเติบโตของพืช 3 แบบการทดลองโดยศึกษาระดับความลึกของน้ำเสีย 3 ระดับ คือ 0.10 เมตร,0.15 เมตร และ 0.20 เมตร

การทดลองที่ปลูกหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่มีระดับความลึกน้ำเสีย 0.10 เมตร มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการกำจัดโครเมียม เท่ากับ 89.29 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือบ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ระดับความลึกน้ำเสีย 0.10 เมตร เท่ากับ 86.30 เปอร์เซ็นต์ สำหรับบ่อควบคุมไม่ปลูกพืชที่ระดับความลึกน้ำเสีย 0.10 เมตร มีประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมต่ำสุด คือ 80.72 เปอร์เซ็นต์ โดยมีประสิทธิภาพแตกต่างกัน เท่ากับ 8.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียที่ระดับความลึกเท่ากัน พบว่า หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพดีกว่าหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมดีที่สุดที่ระดับความลึกน้ำเสีย 0.10 เมตร

เมื่อทำการศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ ด้านน้ำหนักแห้ง และความสูง พบว่าการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักแห้ง และความสูงในบ่อทดลองที่ระดับน้ำเสียทั้ง 3 ระดับไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$) ทั้งสองสายพันธุ์ โดยหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีน้ำหนักแห้ง และความสูงมากกว่าหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ทุกระดับน้ำ

นอกจากนี้ยังทำการศึกษาการสะสมโครเมียมในดิน และในพืช ปรากฏว่าดินและพืชมีปริมาณโครเมียมเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการทดลองที่นานขึ้น โดยดินมีปริมาณโครเมียมสูงสุดที่บ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร เท่ากับ 0.432 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับในพืชทำการศึกษาการสะสมโครเมียมในส่วนใบ และรากของหญ้าแฝก พบว่า หญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์มีการสะสมโครเมียมไว้ในส่วนรากมากกว่าส่วนใบและลำต้น โดยหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีการสะสมโครเมียมในปริมาณที่มากกว่าหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ทุกระดับน้ำเสีย และเมื่อพิจารณามวลรวม พบว่าโครเมียมส่วนใหญ่ถูกสะสมอยู่ในดิน ซึ่งมีลักษณะเป็นดินร่วน กล่าวคือมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณโครเมียมทั้งหมดในระบบอยู่ในดิน

สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2544 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4172419423 : MAJOR INTER-DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE
KEY WORD : CONSTRUCTED WETLAND / VETIVER GRASS / CHROMIUM / TANNERY WASTEWATER
WONGPANGA SENGSAI : CHROMIUM REMOVAL EFFICIENCY BY *Vertiveria zizanioides* (Linn.) Nash AND *Vertiveria nemoralis* A.Camus IN CONSTRUCTED WETLANDS FOR TANNERY POST - TREATMENT WASTEWATER THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. THARES SRISATIT, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. PREAMJIT TANSATIT, M.Sc., 177 หน้า. ISBN 974-03-0789-2

The purpose of this study were to investigate the efficiency of two species of vetiver grasses : *Vertiveria zizanioides* (Linn.) Nash [Surat Thani ecotype] and *Vertiveria nemoralis* A.Camus [Prajoub Kirikhan ecotype] in constructed wetlands with Free Water Surface (FWS) to remove chromium in tannery wastewater comparing to no plant system, and to find the optimal depth of wastewater. Twelve experiments of constructed wetland systems were built and nine of them were used to study the efficiency of chromium removal and three units were used to study on plants growth. Wastewater depth in this study were at 0.10 m 0.15 m and 0.20 m in each three units.

FWS with Surat Thani ecotype at water level 0.10 m was the best performance for chromium removal which their efficiencies were 89.29 % . while the efficiency of Prajoub Kirikhan ecotype at water level 0.15 m was 86.30 % and the lowest efficiency was found in control unit at 0.10 m was 80.72 %. Their efficiency for chromium removal between vetiver unit and control unit were difference at 8.6 %. Comparing of efficiency for chromium removal at the same wastewater depth, Surat Thani ecotype was better than Prajoub Kirikhan ecotype. It can be concluded that the best and optimum FWS for tannery wastewater Post - treatment was FWS with Surat Thani ecotype at 0.10 m wastewater depth.

The growth ability ; dry weight and height during the experiment period, it was found that growth of both species were not affected by three wastewater depth ($p>0.05$). The height and dry weight of Prajoub Kirikhan ecotype was higher than of Surat Thani ecotype in all of water depth.

Accumulation of chromium in soil and plant were also studied and trend to increases with passage of time. The highest of chromium in soil was found in Prajoub Kirikhan ecotype at 0.20 m was 0.432 mgCr/kg soil dry weight . In plant accumulation of chromium in roots and leaves. Two kind of vetiver ecotype were concentration in roots was higher than in leaves. Amount of chromium accumulation in Surat Thani ecotype was more than in Prajoub Kirikhan ecotype . The maximum concentration of chromium in roots and leaves were found on Surat Thani ecotype at 0.20 m were 0.448 mg/kg and 0.210 mg/kg , respectively at the end of experiment. Mass balance showed that more than 90 % of total chromium was sedimented in to soil.

Inter - department Environmental Science Student's signature…….
Field of study Environmental Science Advisor's signature…….
Academic year 2001 Co-advisor's signature…….

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความกรุณา ความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากหลายๆ ท่าน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ธเรศ ศรีสถิตย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ความช่วยเหลือ และตรวจทานรายละเอียดต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา รองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำ พร้อมทั้งความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน รวมทั้งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ายิ่งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมให้ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นที่มีส่วนสำคัญในการแก้ไขปรับปรุงวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณมูลนิธิชินโสภณพนิช ทบวงมหาวิทยาลัย บัณฑิตวิทยาลัย และสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนบางส่วนในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ บริษัท พลาทรัพย์ จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณ คุณพิทยา เทียนสันเที๊ยะ พร้อมทั้งเจ้าหน้าที่ของบริษัททุกท่านที่มิอาจกล่าวนามได้หมดที่กรุณาอำนวยความสะดวกต่างๆ ตลอดระยะเวลาที่ข้าพเจ้าทำวิทยานิพนธ์ที่บริษัท และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สถานีพัฒนาที่ดินปทุมธานีที่ให้ความอนุเคราะห์ต้นกล้าหญ้าแฝก

ขอขอบคุณวรรณธนา วงษ์สุด ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำด้านห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ตัวอย่าง คุณปฐมภรณ์ พลีพลากร และคุณทศพร ภู่ระหงษ์ และเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องทุกคนที่มิอาจกล่าวนามได้หมดที่ให้ความช่วยเหลือการขนย้ายต้นกล้าหญ้าแฝก และช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างน้ำ ดิน และต้นหญ้าแฝก ในวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณ มดเขียว ไก่ และพี่เอ เพื่อนและพี่ผู้ซึ่งเป็นผู้ช่วยคนสำคัญ และเป็นกำลังใจและคอยอยู่เป็นเพื่อนตลอดระยะเวลาที่ข้าพเจ้าทำวิทยานิพนธ์

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้ความรัก ความห่วงใย และให้การสนับสนุนเงินทุน คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจสำคัญให้ข้าพเจ้าตลอดมา และพี่สาวที่คอยเป็นห่วงและให้ความสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน แก่ข้าพเจ้าตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย……ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……จ

กิตติกรรมประกาศ……ฉ

สารบัญ……ช

สารบัญตาราง……ฎ

สารบัญรูป.. ……ณ

บทที่ 1 บทนำ……... … 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา…… 1

1.2 วัตถุประสงค์…… 2

1.3 สมมติฐาน…… 2

1.4 ขอบเขตการวิจัย…… 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ……..… 3

บทที่ 2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……... 4

2.1 พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น (Constructed Wetlands)……..… 4

2.2 การใช้พื้นที่ชุ่มน้ำ…….. 6

2.3 องค์ประกอบของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น…… 7

2.3.1 ดินในพื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetlands Soil)……... 7

2.3.2 อุทกวิทยาในพื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetlands Hydrology)…… 8

2.3.3 พืช (Plant)……... 10

2.3.4 จุลินทรีย์ในพื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetlands Microbial)…… 12

2.4 การออกแบบพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น (Design Procedure of Free Water Surface)…….. 13

2.4.1 อัตราการไหลเฉลี่ย (The average flow)……... 13

2.4.2 ค่าคงที่แสดงช่องว่างภายในพื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland Porosity)……..…… 14

2.4.3 ระยะเวลาการกักเก็บ (Hydraulic Retention Time)..…… 14

2.5 การบำบัดมวลสารต่าง ๆ ในระบบบำบัดพื้นที่ชุ่มน้ำ…… 14

2.5.1 สารอินทรีย์……... 15

2.5.2 สารอาหาร (Nutrient)……... 15

2.5.3 โลหะหนัก (Heavy metal)……... 17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 หญ้าแฝก……..18

2.6.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์……..18

2.6.2 สรุปข้อแตกต่างของหญ้าแฝกหอม และหญ้าแฝกดอน……..21

2.7 การใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝกในการอนุรักษ์ดิน และน้ำ……24

2.8 งานวิจัยที่ศึกษาความทนทาน และการดูดซับสารพิษ และโลหะหนัก ของหญ้าแฝกในดิน และน้ำ……25

2.8.1 การศึกษาความทนทานและการดูดซับสารพิษ แลโลหะหนัก ของหญ้าแฝกในดิน……25

2.8.2 การศึกษาความทนทานและการดูดซับสารพิษ และโลหะหนัก ของหญ้าแฝกในน้ำ……26

2.9 อุตสาหกรรมฟอกหนัง (Tannery industry)……..28

2.9.1 การฟอกหนัง (Tanning Process)……28

2.9.2 แหล่งกำเนิดน้ำเสียในกระบวนการฟอกหนัง……29

2.10 โครเมียม (Chromium)……..31

2.10.1 โครเมียมในสิ่งแวดล้อม……..31

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย……...34

3.1 สถานที่ทำการศึกษา……34

3.2 ระยะเวลาที่ทำการศึกษา……...34

3.3 การเตรียมสถานที่ศึกษา……....35

3.4 การเตรียมพืชทดลอง……....38

3.5 การดำเนินการทดลอง……..39

3.6 การเก็บตัวอย่าง และวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมในตัวอย่างน้ำ ดิน และพืช……...39

3.7 การศึกษาการเจริญเติบโตของพืช……40

3.8 การรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล……...41

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล..... 43

4.1 ลักษณะทั่วไปของหญ้าแฝก.....43

4.2 ความสามารถในการเจริญเติบโต.....44

4.2.1 น้ำหนักแห้ง.....44

4.2.2 ความสูง.....52

4.3 คุณภาพน้ำเสียในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น..... 58

4.3.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH).....58

4.3.2 อุณหภูมิ (Temperature).....61

4.3.3 การนำไฟฟ้า (Conductivity)..... 61

4.3.4 ค่าความเค็ม (Salinity).....64

4.4 ประสิทธิภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำในการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอย..... 64

4.5 ประสิทธิภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำในการกำจัดโครเมียม..... 72

4.6 การสะสมโครเมียมในดิน.....80

4.6.1 ลักษณะเนื้อดิน.....80

4.6.2 การสะสมโครเมียมในดิน.....82

4.7 การสะสมโครเมียมในส่วนต่าง ๆ ของหญ้าแฝก.....85

4.7.1 การสะสมโครเมียมในใบของหญ้าแฝก.....86

4.7.2 การสะสมโครเมียมในรากของหญ้าแฝก..... 88

4.7.3 การสะสมโครเมียมในดอกของหญ้าแฝก..... 93

4.8 สมดุลมวล.....94

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....98

5.1 สรุปผลการศึกษา..... 98

5.1.1 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝก..... 98

5.1.2 ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกหอม และหญ้าแฝกดอนในการกำจัดโครเมียม ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น.....98

5.1.3 ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ ที่ระดับน้ำต่างๆ 99

5.1.4 การสะสมโครเมียมในส่วนต่าง ๆของหญ้าแฝก..... 99

5.1.5 ปริมาณโครเมียมที่สะสมในดิน..... 99

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป…… .100
รายการอ้างอิง……101
ภาคผนวก……..107
ภาคผนวก ก. มาตรฐานน้ำทิ้ง…… 108
ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ…….. 111
ภาคผนวก ค. การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ในบ่อควบคุม
และบ่อทดลอง……...…… 143
ภาคผนวก ง. ข้อมูลคุณภาพน้ำ……... 147
ภาคผนวก จ. ข้อมูลการเจริญเติบโต ทางด้านน้ำหนักแห้ง ความสูง และ
การสะสมโครเมียมในส่วนต่าง ๆของหญ้าแฝก……...152
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์……..177

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบทางเลือกการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นก่อนผ่านพื้นที่ชุ่มน้ำ 3 แบบ.....6

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ กับอินทรีย์ในพื้นที่ชุ่มน้ำ…….....8

ตารางที่ 2.3 ลักษณะและหน้าที่ของพืชในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น…….....10

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การออกแบบพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นแบบไหลผ่านพื้นผิว FWS…….....13

ตารางที่ 2.5 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของหญ้าแฝกหอม และหญ้าแฝกดอน….. 22

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างหญ้าแฝก 28 สายพันธุ์ในประเทศไทย…….. 23

ตารางที่ 2.7 ลักษณะพื้นที่ที่เหมาะสมของหญ้าแฝกหอมและหญ้าแฝกดอน…….....24

ตารางที่ 2.8 สรุปลักษณะสมบัติน้ำเสียรวมจากอุตสาหกรรมฟอกหนังของไทย…….....30

ตารางที่ 2.9 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียฟอกหนังก่อนและหลังการบำบัด…….....30

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง…… 34

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การออกแบบพื้นที่ชุ่มน้ำในการดำเนินงานวิจัย…….....38

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเข้าและน้ำออกในบ่อทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (mg/l)……..……..…….....….....65

ตารางที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยในบ่อทดลองต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เปอร์เซ็นต์)…….....…66

ตารางที่ 4.3 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดระหว่างระดับน้ำและชนิดพืช(เปอร์เซ็นต์)…….....…71

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณโครเมียมในน้ำเข้าและน้ำออกในบ่อทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (mg/l)…….....…73

ตารางที่ 4.5 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมในบ่อทดลองต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เปอร์เซ็นต์)…….....…74

ตารางที่ 4.6 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมทั้งหมดระหว่างระดับน้ำและชนิดพืช…….....…79

ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณโครเมียมสะสมในดินในบ่อทดลองต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (mg/kg)…….....…81

ตารางที่ 4.8 แสดงปริมาณโครเมียมที่พบในดอกของหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (mg/kg) …….....…94

ตารางที่ 4.9 แสดงปริมาณมวลรวมของโครเมียมในน้ำเข้าและน้ำออกในบ่อทดลองที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (mg)…….....…95

สารบัญตาราง (ต่อ)

	ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 4.10	แสดงปริมาณโครเมียมเฉลี่ยของระบบของระบบต่อ 10 วัน ตลอดการทดลองที่ 100 วัน…….....	96
ตารางที่ ง. 1	แสดงความเป็นกรด – ด่าง (pH) ตัวอย่างน้ำเข้าและน้ำออก ของบ่อทดลองต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอ…….....	148
ตารางที่ ง. 2	แสดงค่าอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ตัวอย่างน้ำเข้าและน้ำออกของ บ่อทดลองต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง…….....	149
ตารางที่ ง. 3	แสดงค่าความนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร) ของน้ำเข้าและน้ำออก ในบ่อทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง…….....	150
ตารางที่ ง. 4	แสดงค่าความเค็มของน้ำเข้าและน้ำออกในบ่อทดลอง ตลอดระยะเวลา การทดลอง (ppt)…….....	151
ตารางที่ จ.1	แสดงน้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)/ต้น…….....	153
ตารางที่ จ.2	แสดงน้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์ ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)/ต้น.....	153
ตารางที่ จ.3	แสดงน้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)/ต้น……..	154
ตารางที่ จ.4	แสดงน้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)/ต้น…….....	154
ตารางที่ จ.5	แสดงการเติบโตเฉลี่ยด้านน้ำหนักแห้งหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีใน บ่อทดลองเปรียบเทียบกับบ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลา การทดลอง (กรัม)/ต้น…….....	155
ตารางที่ จ.6	แสดงการเติบโตเฉลี่ยด้านน้ำหนักแห้งหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ใน บ่อทดลองเปรียบเทียบกับบ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลา การทดลอง (กรัม)/ต้น…….....	155
ตารางที่ จ.7	แสดงน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบ ส่วนราก และส่วนดอกของบ่อทดลองหญ้าแฝก สายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง…….....	156
ตารางที่ จ.8	แสดงน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบ ส่วนราก และส่วนดอกของบ่อทดลองหญ้าแฝก สายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง….....	157

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ จ.9 แสดงน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบ ส่วนราก และส่วนดอกของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง….....158

ตารางที่ จ.10 แสดงน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบ ส่วนราก และส่วนดอกของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง… 159

ตารางที่ จ. 11 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)…….....160

ตารางที่ จ.12 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 0.15 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)…….....160

ตารางที่ จ. 13 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 0.20 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)…….....161

ตารางที่ จ. 14 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)…….....161

ตารางที่ จ. 15 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 0.15 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)……..... 162

ตารางที่ จ. 16 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 0.20 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)….....162

ตารางที่ จ. 17 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)…….....163

ตารางที่ จ. 18 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 0.15 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)…….....163

ตารางที่ จ. 19 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 0.20 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)…….....164

ตารางที่ จ. 20 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)…….....164

ตารางที่ จ. 21 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 0.15 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)…….....165

ตารางที่ จ. 22 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 0.20 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)….....165

ตารางที่ จ. 23 แสดงความสูงเฉลี่ยทั้งต้นของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)/ต้น….....166

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ จ.24 แสดงความสูงเฉลี่ยทั้งต้นของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)/ต้น……..……..166

ตารางที่ จ.25 แสดงความสูงเฉลี่ยทั้งต้นของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)/ต้น…….....167

ตารางที่ จ.26 แสดงความสูงเฉลี่ยทั้งต้นของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)/ต้น…….……...167

ตารางที่ จ.27 แสดงการเติบโตเฉลี่ยด้านความสูงหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีในบ่อทดลอง เปรียบเทียบกับบ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)/ต้น…….....……...168

ตารางที่ จ.28 แสดงการเติบโตเฉลี่ยด้านความสูงหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ในบ่อทดลองเปรียบเทียบกับบ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับตลอดระยะเวลา การทดลอง (เซนติเมตร)/ต้น…..…….....……...168

ตารางที่ จ. 29 แสดงความสูงของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)…… …….169

ตารางที่ จ. 30 แสดงความสูงของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ระดับน้ำ 0.15 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)…….....……...169

ตารางที่ จ. 31 แสดงความสูงของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ระดับน้ำ 0.20 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)…….....…….170

ตารางที่ จ. 32 แสดงความสูงของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)…….....…….170

ตารางที่ จ. 33 แสดงความสูงของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ระดับน้ำ 0.15 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)…….....…….171

ตารางที่ จ.34 แสดงความสูงของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ระดับน้ำ 0.20 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)…….....……171

ตารางที่ จ. 35 แสดงความสูงของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)…….....……172

ตารางที่ จ. 36 แสดงความสูงของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ระดับน้ำ 0.15 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)…….....……172

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ จ. 37 แสดงความสูงของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ระดับน้ำ 0.20 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)…….....……..173
ตารางที่ จ. 38 แสดงความสูงของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)…….....……..173
ตารางที่ จ. 39 แสดงความสูงของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ระดับน้ำ 0.15 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)…….....……...174
ตารางที่ จ. 40 แสดงความสูงของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ระดับน้ำ 0.20 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)…….....……...174
ตารางที่ จ. 41 แสดงปริมาณการสะสมโครเมียมที่พบในใบของหญ้าแฝกสายพันธุ์ สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (mg/kg)….....……...175
ตารางที่ จ. 42 แสดงปริมาณการสะสมโครเมียมที่พบในใบของหญ้าแฝกสายพันธุ์ ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (mg/kg)…..……..175
ตารางที่ จ. 43 แสดงปริมาณการสะสมโครเมียมที่พบในรากของหญ้าแฝกสายพันธุ์ สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (mg/kg)….....……...176
ตารางที่ จ. 44 แสดงปริมาณการสะสมโครเมียมที่พบในรากของหญ้าแฝกสายพันธุ์ ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง(mg/kg)...……..176

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย.....4
รูปที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นแบบ ไหลผ่านพื้นผิว (FWS).....5
รูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นแบบไหลผ่านใต้ผิวตัวกลาง.....5
รูปที่ 2.4 ลักษณะและชนิดของพืชในพื้นที่ชุ่มน้ำ.....11
รูปที่ 2.5 ลักษณะการปรับตัวทางสัณฐานวิทยาของรากพืชในพื้นที่ชุ่มน้ำ.....12
รูปที่ 3.1 แบบแสดงลักษณะบ่อทดลองและบ่อควบคุมที่ใช้ในการทดลอง.....36
รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะบ่อทดลองที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทดลอง.....37
รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะระยะการปลูกพืชในการทดลอง.....37
รูปที่ 3.4 ต้นกล้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี และแฝกดอน สายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่เตรียมก่อนนำไปปลูก.....38
รูปที่ 4.1 น้ำหนักแห้งทั้งต้นของหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำเสีย 3 ระดับ.....45
รูปที่ 4.2 น้ำหนักแห้งทั้งต้นของหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีบ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ.....45
รูปที่ 4.3 น้ำหนักแห้งส่วนใบของหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง.....46
รูปที่ 4.4 น้ำหนักแห้งส่วนรากของหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง.....46
รูปที่ 4.5 น้ำหนักแห้งทั้งต้นของหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์บ่อทดลอง ที่ระดับน้ำเสีย 3 ระดับ..... 48
รูปที่ 4.6 น้ำหนักแห้งทั้งต้นของหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์บ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ.....48
รูปที่ 4.7 น้ำหนักแห้งส่วนใบของหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง.....49
รูปที่ 4.8 น้ำหนักแห้งส่วนรากของหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง.....49
รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งระหว่างหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ในบ่อทดลอง กับบ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ.....50

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งระหว่างหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ในบ่อทดลอง กับบ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ……..51

รูปที่ 4.11 ความสูงของหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำเสีย 3 ระดั..……....53

รูปที่ 4.12 ความสูงของหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีบ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ…..…….…53

รูปที่ 4.13 ความสูงของหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์บ่อทดลอง ที่ระดับน้ำเสีย 3 ระดับ…..…...55

รูปที่ 4.14 ความสูงของหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์บ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ……..55

รูปที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบความสูงระหว่างหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ในบ่อทดลอง กับบ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ…….....56

รูปที่ 4.16 กราฟเปรียบเทียบความสูงระหว่างหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ในบ่อทดลอง กับบ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ…….....57

รูปที่ 4.17 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเข้า และน้ำออกจากบ่อทดลอง ตลอดระยะเวลา การทดลอง…….....59

รูปที่ 4.18 แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำเข้า และน้ำออกจากบ่อทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง…….60

รูปที่ 4.19 แสดงค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเข้าและน้ำออกจากบ่อทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง…...62

รูปที่ 4.20 แสดงค่าความเค็มของน้ำเข้าและน้ำออกจากบ่อทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง…….…..63

รูปที่ 4.21 ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยของบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง……..67

รูปที่ 4.22 ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยของบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำ 0.15 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง……...67

รูปที่ 4.23 ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยของบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำ 0.20 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง……..…..68

รูปที่ 4.24 ประสิทธิภาพเฉลี่ยการกำจัดของแข็งแขวนลอย ของบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำเสีย 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลองที่ 100 วัน……..…..68

รูปที่ 4.25 ประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมของบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง…….....76

รูปที่ 4.26 ประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมของบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำ 0.15 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง……..…...76

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 4.27 ประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมของบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำ 0.20 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง……..77
รูปที่ 4.28 ประสิทธิภาพเฉลี่ยการกำจัดโครเมียมของบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง……..77
รูปที่ 4.29 แสดงปริมาณการสะสมโครเมียมในดินบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์ สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ……..83
รูปที่ 4.30 แสดงปริมาณการสะสมโครเมียมในดินบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์ ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ……83
รูปที่ 4.31 แสดงปริมาณการสะสมโครเมียมในดินบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ……..84
รูปที่ 4.32 ปริมาณการสะสมโครเมียมในใบของหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ตลอดระยะเวลาการทดลอง……87
รูปที่ 4.33 ปริมาณการสะสมโครเมียมในใบของหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ตลอดระยะเวลาการทดลอง……87
รูปที่ 4.34 ปริมาณการสะสมโครเมียมในรากของหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ตลอดระยะเวลาการทดลอง……89
รูปที่ 4.35 ปริมาณการสะสมโครเมียมในรากของหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ตลอดระยะเวลาการทดลอง……89
รูปที่ 4.36 การเปรียบเทียบปริมาณโครเมียมที่พบในใบและรากของหญ้าแฝกสายพันธุ์ สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง……91
รูปที่ 4.37 การเปรียบเทียบปริมาณโครเมียมที่พบในใบและรากของหญ้าแฝกสายพันธุ์ ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง……92
รูปที่ 4.38 แสดงปริมาณโครเมียมเฉลี่ย ที่สะสมในบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร……97
รูปที่ ค.1 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ในบ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ที่ระยะเวลา 50 วัน หลังจากทำการทดลอง……...……144
รูปที่ ค.2 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร ที่ระยะเวลา 50 วัน หลังจากทำการทดลอง……...……145

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ ค.3 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ ที่ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร ที่ระยะเวลา 50 วัน หลังจากทำการทดลอง……...145
รูปที่ ค.4 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ ที่ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร ที่ระยะเวลา 50 วัน หลังจากทำการทดลอง……...146

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สภาวะแวดล้อมในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากเมื่อเทียบกับในอดีต เนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น ความต้องการปัจจัยต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อชีวิตมีมากขึ้น พร้อมกับประเทศไทยเน้นหนักการพัฒนาประเทศไปในด้านอุตสาหกรรม ทำให้เกิดการขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เกิดขึ้นมากมาย ซึ่งโรงงานฟอกหนังเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการขยายตัวไปอย่างมาก โดยมีการรวมตัวกันเป็นเขตประกอบการอุตสาหกรรมฟอกหนัง ผลผลิตที่ได้จากโรงงานฟอกหนังนอกจากจะได้ผลผลิตหลัก คือ หนังที่ผ่านการฟอกย้อมเพื่อนำไปใช้ในกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง แล้วยังก่อให้เกิดมลพิษที่มาจากน้ำทิ้งของกิจกรรมฟอกหนัง อันได้แก่ โครเมียม(Cr) ซึ่งเป็นปัญหาที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก

การที่โรงงานฟอกหนังต้องใช้น้ำ สารเคมี และวัตถุดิบหลายประเภทในกระบวนการผลิต ทำให้น้ำทิ้งประกอบด้วยสิ่งสกปรกต่าง ๆ โดยเฉพาะโครเมียมเป็นโลหะหนักชนิดหนึ่งที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมฟอกหนังอย่างมาก และเป็นแหล่งสำคัญของการปนเปื้อนของโครเมียมในสิ่งแวดล้อม เนื่องจากปริมาณน้ำเสียและตะกอนผลึกที่เกิดขึ้นมีปริมาณมาก ในปัจจุบันการจัดการน้ำเสียจากการฟอกหนังของกลุ่มอุตสาหกรรมจะนำน้ำเสียผ่านการบำบัดขั้นต้นด้วย วิธีตะกอนเร่ง ก่อนทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ อย่างไรก็ตาม การปนเปื้อนของโครเมียมยังคงมีการปนเปื้อนอยู่ในน้ำทิ้งทั่วไป ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน และสภาพแวดล้อม โครเมียมจัดเป็นสารพิษถ้าสะสมในร่างกายเป็นปริมาณมากทำให้เกิดโรคเรื้อรังได้ เช่น คลื่นไส้อาเจียน (nausea) ผิวหนังเป็นแผล (skin ulcerations) มะเร็งที่ปอด (lung cancer) และเมื่อมีความเข้มข้นสูงถึง 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมทำให้เกิดพิษเฉียบพลัน (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2535) ดังนั้น จึงควรมีการนำน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดแล้วมาบำบัดต่อด้วยวิธีการบำบัดทางชีวภาพ เพื่อให้ลดการกระจายตัวของมลสารสู่สิ่งแวดล้อมอย่างกว้างขวาง วิธีการหนึ่งที่ได้รับความสนใจ คือ พื้นที่ชุ่มน้ำ เนื่องจากเป็นระบบธรรมชาติที่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและดูแลรักษาต่ำ พร้อมทั้งยังช่วยลดการใช้พลังงานลงได้ พื้นที่ชุ่มน้ำโดยทั่ว ๆ ไปจะแบ่งออกเป็น พื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติ (Natural Wetlands) และ พื้นที่ชุ่มน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อเลียนแบบธรรมชาติ (Constructed Wetlands) ซึ่งการใช้พื้นที่ชุ่มน้ำเพื่อการบำบัดน้ำเสียนั้น ส่วนใหญ่จะเหมาะสำหรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมาบ้างแล้ว คือ การบำบัดน้ำเสียในขั้นที่สองหรือสูงกว่า (Reed , Crites และ Middlebrooks, 1995) จึงเป็นการสมควรอย่างยิ่งที่จะได้มีการศึกษาถึงรูปแบบที่เหมาะสมโดยใช้พืชเป็น

ตัวบำบัดน้ำเสีย งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการใช้หญ้าแฝก (Vetiver Grass) เพื่อการบำบัดโครเมียมในน้ำทิ้ง เนื่องจากหญ้าแฝกเป็นพืชที่สามารถขึ้นได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย สามารถเจริญเติบโตได้ดีทั้งในพื้นที่แห้งแล้ง และพื้นที่น้ำท่วมขัง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2535)

หญ้าแฝกเป็นพืชที่ขึ้นได้ในดินเกือบทุกประเภทช่วงความเป็นกรด – ด่าง (pH) กว้าง หรือระดับความสมบูรณ์ แตกต่างกัน (World Bank, 1987) และหญ้าแฝกยังคงมีความทนทานต่อความเป็นพิษของโครเมียมในดินได้สูง โดยระดับความเป็นพิษอยู่ระหว่างความเข้มข้นที่ 200-600 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัมดิน ในขณะที่ดินมีความเข้มข้นของโครเมียม 50 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัมดิน ถือว่าเป็นระดับของการปนเปื้อนของสารพิษ (Truong และ Baker อ้างถึงใน Pacific Rim Vetiver Network, 1998) และเนื่องจากหญ้าแฝกมีระบบรากที่มีลักษณะพิเศษ และระบบรากของหญ้าแฝกมีรากที่สานกันแน่นหยั่งลึกแนวดิ่งลงในดินมีรากแกน รากแขนง โดยเฉพาะมีรากฝอยปริมาณมากแผ่กระจายเป็นแผงลงไปในดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2535) เปรียบเสมือนเป็นกำแพงช่วยกรองดิน รวมทั้งการดูดซับน้ำได้ดี เนื่องจากหญ้าแฝกมีจำนวนรากมากโอกาสที่รากจะสัมผัส และดูดซับปริมาณสารต่าง ๆ ในน้ำเสียย่อมมีมากขึ้น และเนื่องจากคุณสมบัติดังกล่าวนี้ หญ้าแฝกจึงเป็นพืชที่ควรนำมาศึกษาถึงประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น Constructed Wetlands เป็นอย่างยิ่ง โดยอาศัยกลไกการบำบัดของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกหอม และหญ้าแฝกดอน ในการกำจัดโครเมียมออกจากน้ำเสียโรงงานฟอกหนัง และเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์

1.2.2 เพื่อศึกษาถึงระดับน้ำที่เหมาะสมสำหรับหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ ในการกำจัดโครเมียมออกจากน้ำเสีย

1.2.3 เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก ที่ปลูกในน้ำเสียจากโรงงานฟอกหนัง

1.3 สมมติฐาน

ประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณโลหะหนักโครเมียมของหญ้าแฝกหอม และ หญ้าแฝกดอน แต่ละสายพันธุ์ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น ขึ้นอยู่กับระดับน้ำ และมีความแตกต่างกัน

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.4.1 ในการศึกษาทดลองใช้พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น แบบ Free Water Surface Flow (FWS)

1.4.2 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียขั้นสุดท้ายจากโรงงานฟอกหนังที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งมาแล้ว

1.4.3 หญ้าแฝกที่ใช้ในการศึกษา มี 2 ชนิด (Species) คือ

1) *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash หรือที่เรียกว่า (แฝกหอม) โดยเลือกใช้สายพันธุ์สุราษฎร์ธานี

2) *Vetiveria nemoralis* A. Camus หรือที่เรียกว่า (แฝกดอน) โดยเลือกใช้สายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

1.4.4 ชนิดของโลหะหนักที่จะทำการศึกษา คือโครเมียมทั้งหมด (total chromium)

1.4.5 วัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) อุณหภูมิ (T) ปริมาณสารแขวนลอย (TSS) และ ค่าปริมาณความเค็ม (Salinity) ในน้ำเสีย

1.4.6 ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม ในรูปของโครเมียมทั้งหมดในน้ำเข้า และน้ำออกจากบ่อทดลอง ปริมาณโครเมียมในส่วนต่าง ๆ ของพืช และดิน รวมทั้งข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของพืช

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถทราบถึงสายพันธุ์หญ้าแฝกที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียจากโรงงานฟอกหนังในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น

1.5.2 สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียของหญ้าแฝกต่างสายพันธุ์ได้ ซึ่งจะทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการคัดเลือกพันธุ์ให้เหมาะสมกับการบำบัดน้ำเสียได้ต่อไป

1.5.3 สามารถนำข้อมูลไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบพื้นที่ชุ่มน้ำ โดยเฉพาะระดับความสูงของน้ำ เพื่อช่วยในการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมอย่างเหมาะสม

1.5.4 เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งโดยใช้หญ้าแฝกและประยุกต์ใช้ในสภาพพื้นที่จริงต่อไป

บทที่ 2

การตรวจสอบเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น (Constructed Wetlands)

พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น (USEPA, 2000) คือ พื้นที่ชุ่มน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น เพื่อเลียนแบบธรรมชาติ โดยมีจุดประสงค์เพื่อการบำบัดน้ำเสียหลายประเภท ประกอบด้วย น้ำเสียชุมชน น้ำเสียจากอุตสาหกรรม และน้ำเสียจากเกษตรกรรม ซึ่งการใช้พื้นที่ชุ่มน้ำเพื่อการบำบัดน้ำเสียนั้นส่วนใหญ่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้ว คือ การบำบัดน้ำเสียในขั้นที่สองหรือสูงกว่า รูปที่ 2.1

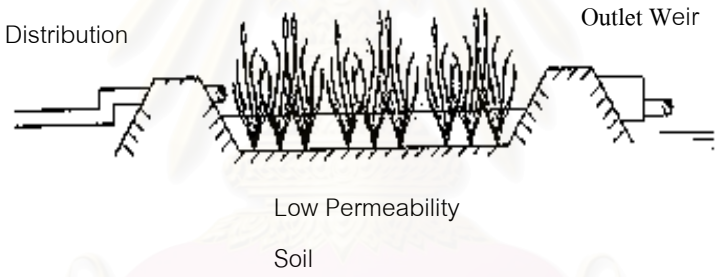
รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

การใช้พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อบำบัดน้ำเสีย มีหลักการเหมือนกันกับพื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติ แต่แตกต่างกันตรงที่พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น สามารถควบคุมอัตราการไหลและระดับน้ำให้คงที่ได้ พร้อมทั้งยังสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้มากขึ้น และข้อได้เปรียบของการใช้พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น คือ สถานที่ตั้งซึ่งมีความยืดหยุ่นที่ว่าตั้งอยู่ที่ใด หรือมีขนาดใดก็ได้โดยอาศัยเกณฑ์การออกแบบต่าง ๆ (Bastain, 1989 อ้างถึงใน ลักษณี คณานิธินันท์,2539) พร้อมทั้งยังเป็นเทคโนโลยีที่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและดูแลรักษาต่ำ พร้อมยังช่วยลดการใช้พลังงานลงได้

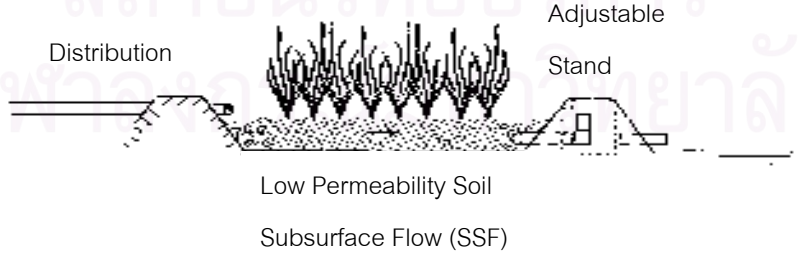
พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อการบำบัดน้ำเสียมี 2 แบบ ซึ่งมีลักษณะโดยทั่ว ๆ ไปคล้ายกัน แต่มีข้อแตกต่างกันตรงรูปแบบของการปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบ โดยพื้นที่ชุ่มน้ำแบบแรก คือ แบบไหลผ่านพื้นผิว Free water Surface (FWS) หรือ surface flow wetlands มีลักษณะและการทำงานเหมือนพื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติประกอบด้วย พืชน้ำหลายชนิด น้ำเสียไหลผ่านผิวหน้าดิน หรือตัวกลางไหลซึมลงสู่พื้นบ่อ โดยที่น้ำเสียสัมผัสกับอากาศโดยตรง ระดับน้ำประมาณ 0.1 ถึง 2.0 เมตร พืชน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำแบบนี้มีส่วนทำให้เกิดการหมุนเวียนของแร่ธาตุ และมีรากเป็น

ที่ยึดเกาะของพวกจุลินทรีย์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น (Reed, crites และ Middlebrooks, 1995) รูปที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นแบบไหลผ่านพื้นผิว

พื้นที่ชุ่มน้ำแบบที่สอง คือ แบบไหลผ่านใต้ผิวตัวกลาง Subsurface flow wetlands (SF) มีลักษณะไม่เหมือนพื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติ เนื่องจากไม่มีระดับน้ำสัมผัสกับอากาศโดยตรง เป็นการบำบัดโดยผ่านน้ำเสียลงไปในชั้นตัวกลาง ตัวกลางที่ใช้เป็นพวกหินกรวดขนาดใหญ่ หินขนาดเล็ก ทราย หรือดินซึ่งปลูกพืชน้ำบนชั้นตัวกลาง โดยรากของพืชเจริญในช่องว่างระหว่างตัวกลาง ชนิดของตัวกลางอาจมีเพียงชนิดเดียวหรือใช้หลายชนิดรวมกัน ระดับของตัวกลาง (media) โดยทั่วไปจะมีระดับความลึกประมาณ 0.3 ถึง 0.6 เมตร น้ำเสียถูกบำบัดภายใต้ตัวกลางระหว่างสัมผัสกับผิวของตัวกลาง และรากของพืช รูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น แบบไหลผ่านใต้ผิวตัวกลาง



รูปที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น แบบไหลผ่านพื้นผิว (FWS)
ที่มา : (Kadlec และ Knight, 1996)



รูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นแบบไหลผ่านใต้ผิวตัวกลาง (SF)
ที่มา :(Kadlec และ Knight, 1996)

การทำงานของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น ขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ขบวนการบำบัดขั้นต้น ความเข้มข้นของน้ำเข้า อัตราการไหล ชนิดและขนาดของพื้นที่ชุ่มน้ำ มลพิษในพื้นที่ชุ่มน้ำถูกบำบัด โดยการรวมกันของกระบวนการทางชีวภาพ กายภาพและเคมี รวมถึงการดูดซับของพืช กระบวนการเปลี่ยนแปลงของพวกจุลินทรีย์ ซึ่งมีบทบาทอย่างมากในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ (Reed et al., 1995)

2.2 การใช้พื้นที่ชุ่มน้ำ

การใช้พื้นที่ชุ่มน้ำในการบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพและประสบผลสำเร็จสูงสุดนั้น ควรต้องผ่านการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นมาก่อน เพื่อลดความเข้มข้นของสารมลพิษต่าง ๆ เนื่องจากน้ำเสียนั้นอาจมีความเข้มข้นของมลพิษต่าง ๆ สูง จนทำให้เกิดความเสียหายแก่ระบบ ทำให้ระบบไม่ประสบผลสำเร็จในการบำบัดน้ำเสียได้ โดยการบำบัดขั้นต้น เช่น ผ่านบ่อพัก (setting lagoon) เพื่อลดประมาณสารแขวนลอย บ่อตะกอนเร่ง (Activated sludge) หรือด้วยวิธีการอื่น ๆ

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบทางเลือกการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นก่อนผ่านพื้นที่ชุ่มน้ำ 3 แบบ

ประเภทของพื้นที่ชุ่มน้ำ	**วิธีการบำบัดขั้นต้น**
พื้นที่ชุ่มน้ำแบบไหลผ่านพื้นผิว	น้ำเสียชุมชน, น้ำเสียเกษตรกรรม และน้ำเสียอุตสาหกรรม : ควรเป็นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้ว เช่น ผ่านบ่อพัก (lagoons), ผ่านบ่อเติมอากาศ หรือบ่อตะกอนเร่ง
พื้นที่ชุ่มน้ำแบบไหลผ่านตัวกลาง	น้ำเสียชุมชน, น้ำเสียเกษตรกรรม และน้ำเสียอุตสาหกรรม : ควรเป็นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้ว ควรผ่านบ่อพักเพื่อให้ตกตะกอน เพื่อป้องกันตะกอนสูงจนทำให้เกิดความเสียหายแก่ระบบควบคุมน้ำออก
พื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติ	น้ำเสียชุมชน,น้ำเสียเกษตรกรรม และน้ำเสียอุตสาหกรรม : ในกรณีต้องการลดปริมาณแอมโมเนีย, ฟอสฟอรัส และโลหะหนัก ที่มีความเข้มข้นสูงจำเป็นต้องผ่านการบำบัดขั้นต้นมาก่อนเช่นกัน

ที่มา : (ดัดแปลงมาจาก Kadlec และ Knight, 1996)

2.3 องค์ประกอบที่สำคัญของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น

2.3.1 ดินในพื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland Soil)

ดินในพื้นที่ชุ่มน้ำ แบบไหลผ่านพื้นผิว FWS ดินอยู่ในสภาพน้ำขัง ช่องว่างต่าง ๆ ในดินจะมีน้ำขังอยู่เต็ม อัตราการกระจายของออกซิเจนจะลดลงอย่างมาก โดยขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ดินถูกน้ำท่วมขัง ระดับความลึกของน้ำ การซึมผ่านของออกซิเจนลงสู่ดินจะเป็นไปได้ยากในสภาวะนี้ และยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์บางชนิดในดิน (Boto, 1984) ออกซิเจนจะต้องแพร่ซึมผ่านช่องว่างในดิน

ดังนั้นลักษณะกายภาพของดินในพื้นที่ชุ่มน้ำ มีความสำคัญในการบำบัด หรือ ลดการปนเปื้อนในน้ำเสีย เช่น ดินทราย ระยะเวลาที่น้ำกับดินสัมผัสกันมีระยะเวลาน้อย ดินเหนียวมีอัตราการไหลซึมผ่านของน้ำต่ำกว่าดินทราย ซึ่งจะมีระยะเวลาที่น้ำสัมผัสกับดินนาน แต่พืชจะเจริญเติบโตได้ยาก เนื่องจากรากของพืชจะแทงรากได้ยาก (Chamber และ McComb, 1992) ได้ทำการศึกษาปลูกพืชในดินเหนียว พบว่าพืชมีระยะเวลาที่น้ำสัมผัสกับดินน้อย ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำจะต่ำ ดังนั้นเพื่อให้พื้นที่ชุ่มน้ำมีประสิทธิภาพที่ดีในการบำบัดน้ำเสีย ควรเลือกชนิดของดินที่มีค่าความสามารถในการซึมผ่านของน้ำในดิน (Hydraulic conductivity) สูงเพียงพอในการเกิดปฏิกิริยา และเหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ดีด้วย เช่น ดินร่วน (loamy soil)

ดินในพื้นที่ชุ่มน้ำมีความแตกต่างจากดินทั่ว ๆไปบนพื้นโลก คือ เกิดสภาวะที่ดินไร้ออกซิเจน(Anaerobic) เป็นดินที่มีความอิ่มตัวของน้ำ และมีการสะสมของสารอินทรีย์ ดังตารางที่ 2.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ กับดินอินทรีย์ในพื้นที่ชุ่มน้ำ

	ดินอนินทรีย์	**ดินอินทรีย์**
ปริมาณสารอินทรีย์ (เปอร์เซ็นต์)	น้อยกว่า 20-35	มากกว่า 20-35
ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (เปอร์เซ็นต์)	น้อยกว่า 12-20	มากกว่า 12-20
ความเป็นกรด-ด่าง	กลาง	กรด
ความหนาแน่น	สูง	ต่ำ
ความพรุนของดิน	ต่ำ ประมาณ 45-55 เปอร์เซ็นต์	สูง ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์
ความสามารถซึมผ่านของน้ำ	สูง ยกเว้นดินเหนียว	ต่ำ ถึง สูง
ความสามารถในการอุ้มน้ำ	ต่ำ	สูง
ปริมาณสารอาหารที่ใช้ได้	โดยทั่วไปมีปริมาณสูง	โดยทั่วไปมีปริมาณต่ำ
ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก	ต่ำ	สูง
ชนิดของพื้นที่ชุ่มน้ำ	หนอง,บึง	บึง

ที่มา : (Kadlec และ Knight, 1996)

นอกจากลักษณะทางกายภาพของดินซึ่งมีความสำคัญแล้ว ความสามารถของดินในการกำจัดหรือเคลื่อนย้ายสารต่างๆในน้ำเสียขึ้นอยู่กับประจุของดิน ซึ่งกระบวนการที่สำคัญ คือ กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) การดูดซับ (adsorption) การตกตะกอน(precipitation) และการเกิดสารเชิงซ้อน (complexation) (Crites et al., 1995)

2.3.2 อุทกวิทยาในพื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland Hydrology)

สภาวะของน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำมีอิทธิพลต่อดินและสารอาหาร ซึ่งจะมีผลต่อไปยังสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ การเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารต่าง ๆ ในน้ำกับแบบพื้นที่ชุ่มน้ำขึ้นกับ อัตราการไหล ปริมาณน้ำ และระยะเวลากักเก็บ

สิ่งสำคัญที่จำเป็นต้องทราบเกี่ยวกันอุทกวิทยาในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น

1) ความลึกของน้ำ (Water Depth , h)

หน่วย : เมตร , เซนติเมตร

$$h = H - G$$

โดยที่ G = ความสูงพื้นระดับ (เมตร)

H = ความสูงของระดับน้ำ (เมตร)

2) ปริมาตรน้ำ (Wetland Water Volume , V)

หน่วย : ลูกบาศก์เมตร

$$V = (A_w)(h)$$

โดยที่ A_w = พื้นที่ของพื้นที่ชุ่มน้ำ (ลูกบาศก์เมตร)

h = ความลึกของน้ำ (เมตร หรือ เซนติเมตร)

3) ระยะเวลาเก็บกัก (Hydraulic Retention Time , HRT)

หน่วย : วัน

$$t = (V_w)\,\varepsilon / Q_{ave}$$

โดยที่ V_w = ปริมาตรของน้ำ (ลูกบาศก์เมตร)

Q_{ave} = อัตราการไหลเฉลี่ย (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

ε = สัมประสิทธิ์ความพรุนของพื้นที่ชุ่มน้ำ

4) อัตราการไหลเฉลี่ย (Average Wastewater Flow , Q_{ave})

$$Q_{ave} = \frac{Q_0 + Q_e}{2}$$

โดยที่ Q_0 = อัตราการไหลของน้ำเข้า (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

Q_e = อัตราการไหลของน้ำออก (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

5) อัตราการบรรทุกของน้ำ (Hydraulic Loading Rate , HLR) คือ ปริมาณอัตราการไหลน้ำเสียที่ไหลเข้าพื้นที่ชุ่มน้ำต่อหน่วยเวลา

หน่วย : เซนติเมตรต่อวัน , เมตรต่อวัน , เมตรต่อปี

$$q = Q_0/A$$

โดยที่ Q_0 = อัตราการไหลของน้ำเข้า (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

A = พื้นที่ของพื้นที่ชุ่มน้ำ (ตารางเมตร)

นอกจากปัจจัยสำคัญต่างๆ ทางด้านอุทกวิทยาจะมีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นมาแล้ว ปริมาณการระเหยของน้ำ (Evapotranspiration , ET) ปริมาณน้ำฝน (Precipitation , P) มีผลในการลดหรือเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ในน้ำ ซึ่งมีผลทำให้ประสิทธิภาพของระบบเปลี่ยนแปลงไปได้

2.3.3 พืช (Plant)

พืชเป็นองค์ประกอบสำคัญในพื้นที่ชุ่มน้ำ สำหรับลักษณะและหน้าที่ในการเลือกใช้พืชในการปรับปรุงคุณภาพน้ำสามารถเลือกตามลักษณะ และหน้าที่หรือความสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพได้ดังตารางที่ 2.3 พร้อมปัจจัยสำคัญในการพิจารณาเลือกพืชดังตารางที่ 2.4

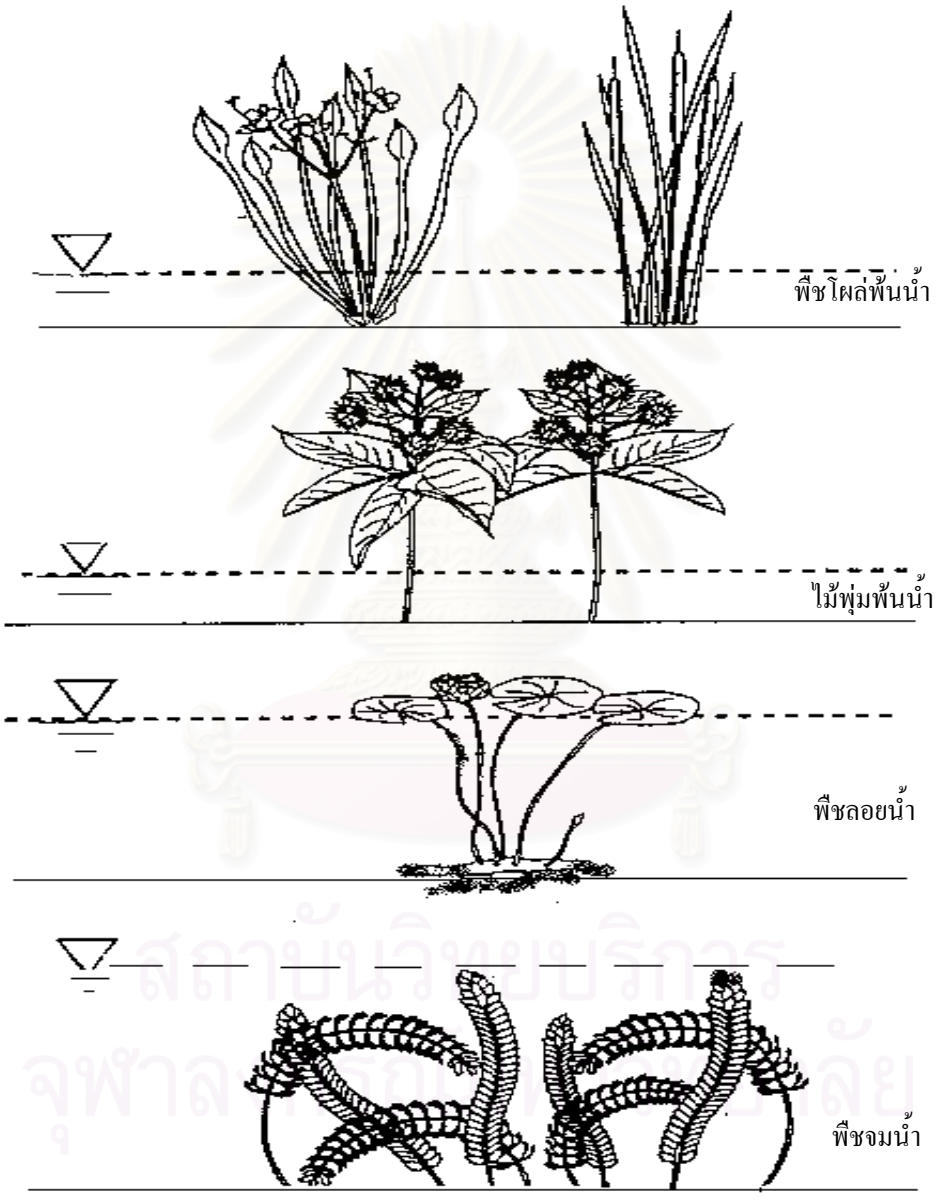
ตารางที่ 2.3 ลักษณะและหน้าที่ของพืชในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น

ชนิดของพืชโดยทั่วไป	ลักษณะโดยทั่วไปของพืช	หน้าที่ และความสำคัญของพืชในพื้นที่ชุ่มน้ำ
พืชลอยน้ำ	โครงสร้างของใบและรากติดกัน โดยมีโครงสร้างของใบและลำต้น ลอยอยู่เหนือผิวน้ำ เคลื่อนที่ไปตามกระแสน้ำ	ทำหน้าที่ในการดูดซับธาตุอาหาร ให้ร่มเงา ปิดกั้นแสงแดดไม่ให้ผ่านลงไปในน้ำ เป็นการช่วยชะลอการเจริญเติบโตของสาหร่าย และช่วยในการกระจายออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำ
พืชจมน้ำ	โครงสร้างของใบ และลำต้นลอยอยู่ระหว่างผิวดินด้านล่างของพื้นที่ชุ่มน้ำ กับผิวน้ำด้านบน	มีโครงสร้างของใบ และ รากเป็นที่ยึดเกาะของพวกจุลินทรีย์ และช่วยในการเคลื่อนย้ายแก๊สออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำ
พืชโผล่พ้นน้ำ	มีโครงสร้างรากอยู่ด้านล่าง และลำต้นอยู่เหนือผิวน้ำ สัมผัสกับอากาศโดยตรงเป็นพืชที่ทนต่อสภาวะน้ำท่วมขังได้ดี เช่น ธูปฤาษี อ้อ เป็นต้น	ลักษณะโครงสร้างของใบ และลำต้น ที่อยู่เหนือน้ำของพืชช่วยในการกระจายการไหลของน้ำ และลดความเร็วของน้ำ เป็นการช่วยกรองสารแขวนลอยได้ดี พร้อมทั้งยังมีหน้าที่ในการปิดกั้นแสงไม่ให้ส่องผ่านลงในน้ำได้ เท่ากับเป็นการชะลอการเจริญเติบโตของสาหร่ายได้อีกเช่นกัน

ที่มา : (ดัดแปลงมาจาก U.S. Environmental Protection Agency, 2000)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในปัจจุบันพืชที่พบส่วนใหญ่ในพื้นที่ชุ่มน้ำ ประกอบด้วย พืชโผล่พ้นน้ำ (Emergent Plants) พืชลอยน้ำ (Floating Plant) และพืชจมน้ำ (Submerged Plant) โดยโครงสร้างส่วนใหญ่ของพืชโผล่พ้นน้ำอยู่เหนือผิวน้ำสัมผัสกับอากาศโดยตรง พืชลอยน้ำมีโครงสร้างของใบและลำต้นอยู่บนผิวน้ำ ส่วนพืชจมน้ำมีโครงสร้างของใบและลำต้นลอยอยู่ระหว่าง พื้นผิวดินด้านล่างของพื้นที่ชุ่มน้ำกับผิวด้านบน ทั้งนี้พืชลอยน้ำกับพืชจมน้ำจะอยู่ในระดับลึกกว่าพืชโผล่พ้นน้ำ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ลักษณะและชนิดของพืชในพื้นที่ชุ่มน้ำ

ที่มา : (Kadlec และ Knight, 1996)

พืชโผล่พ้นน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำมีการปรับตัว เพื่อให้สามารถเจริญเติบโตได้ในภาวะน้ำท่วมขัง โดยการพัฒนาเซลล์ Aerenchymous tissues รูปที่ 2.5 ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายก๊าซจากยอดพืชไปยังราก และจากรากไปยังยอดพืชเหนือผิวระดับน้ำสัมผัสกับอากาศ ทำให้เกิดสภาพออกซิเจนรอบ ๆ ราก เรียกว่า Rhizosphere นอกจากนี้ยังมี Adventitious Roots ในการดูดซับก๊าซและสารอาหารโดยตรงจากน้ำจากการที่พืชมีการพัฒนาช่องว่างภายใน สำหรับขนส่งออกซิเจนสู่รากพืช ช่องว่างของอากาศเหล่านี้สามารถเกิดขึ้นได้ถึง 60 % ของเนื้อเยื่อพืชทั้งหมด และการเคลื่อนย้ายออกซิเจนลงสู่ส่วนราก มีบทบาทสำคัญในการกำจัดบีโอดี และแอมโมเนีย - ไนโตรเจน โดยการเกิดปฏิกิริยา oxidation – reduction ในระบบรากใต้ดิน (Reddy และ D' Angelo , 1997)

รูปที่ 2.5 ลักษณะการปรับตัวทางสัณฐานวิทยาของรากพืชในพื้นที่ชุ่มน้ำ
ที่มา : (Kadlec และ Knight, 1996)

บทบาทที่สำคัญของพืชโผล่พ้นน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำแบบ FWS คือ ใบและลำต้นของพืชช่วยกระจายการไหลของน้ำ และลดความเร็วของน้ำเข้า เป็นการช่วยกรองสารแขวนลอยได้ดี และรากพืชโผล่พ้นน้ำยังช่วยเพิ่มพื้นผิวสำหรับการยึดเกาะของพวกจุลินทรีย์ ซึ่งทำให้จุลินทรีย์สามารถเปลี่ยนรูปสารอาหาร อิออนโลหะ สารประกอบอื่น ๆ ได้ มีผลในการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น (Hammer และ Bastain, 1989)

2.3.4 จุลินทรีย์ในพื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland Microbial)

จุลินทรีย์ที่สำคัญที่พบในพื้นที่ชุ่มน้ำ ที่ยึดเกาะบนตัวกลางรากพืช ดิน และจุลินทรีย์ที่ลอยอิสระ โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 กลุ่มที่พบ คือ แบคทีเรีย และพวกราต่าง ๆ ทั้งสองกลุ่มนี้จะช่วยขจัดสารมลพิษในน้ำเสียโดยเกิดกระบวนการทั้งในสภาวะใช้ออกซิเจน (aerobic) และไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic) โดยการดูดซึม (assimilation) การเปลี่ยนรูป (transformation) และการ

หมุนเวียนของสารต่าง ๆ ในน้ำเสีย (Kadlec และ Knight , 1996) ในสภาวะทั้งสองแบบนี้ จะทำให้จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ (organic compounds) และสารประกอบอนินทรีย์ (Inorganic compounds) ในน้ำเสียได้

2.4 การออกแบบพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นแบบไหลผ่านพื้นผิว (Design Procedure of Free Water Surface)

เกณฑ์การออกแบบพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นแบบ FWS สิ่งที่ต้องพิจารณา คือ ระยะเวลากักเก็บ (Hydraulic Retention Time) ต้องเหมาะสม เพื่อให้กระบวนการทางฟิสิกส์ เคมี และปฏิกิริยาการย่อยสลายทางชีวภาพที่สมบูรณ์ อัตราการบรรทุกของน้ำ (Hydraulic Loading Rate) ระดับน้ำ (Water Depth) และอัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง (Aspect Ratio) สรุปได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์การออกแบบพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นแบบไหลผ่านพื้นผิว FWS

รายละเอียด	หน่วย	เกณฑ์การออกแบบ
ระยะเวลากักเก็บ	วัน	14
ระดับความลึกของน้ำ	เมตร	0.1 - 0.8
ปริมาณ BOD_5 สูงสุด	กิโลกรัม ต่อ เฮกเตอร์-วัน	60 – 70
อัตราการบรรทุกน้ำ	มิลลิเมตร ต่อ วัน	7 – 60
อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง	-	1 : 1 ถึง 10 : 1
ค่าคงที่แสดงความกว้างภายในบ่อ	-	0.75

ที่มา : (Reed, Crites และ Middlebrooks, 1995)

2.4.1 อัตราการไหลเฉลี่ย (The average flow)

อัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำเสียในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นแบบ FWS สามารถคำนวณจากสมการ :

$$Q = \frac{LWdn}{t}$$

โดยที่ : Q = อัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)
L = ความยาวของบ่อ (เมตร)
W = ความกว้างของบ่อ (เมตร)
d = ความลึกของระดับน้ำในบ่อ (เมตร)
n = ค่าคงที่แสดงช่องว่างภายในพื้นที่ชุ่มน้ำ
(= 0.75 สำหรับระบบน้ำไหลพื้นผิว FWS)
t = ระยะเวลากักเก็บน้ำ (วัน)

2.4.2 ค่าคงที่แสดงช่องว่างภายในพื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland Porosity or Void Fraction)

พื้นที่ชุ่มน้ำแบบ FWS พื้นที่ที่น้ำสามารถไหลผ่านได้จะมีพื้นที่ลดน้อยลง เนื่องจากมีการปลูกพืช (Reed et al. , 1995 และ USEPA , 2000) พบว่าค่าคงที่ช่องว่างภายในพื้นที่ระหว่างค่า 0.65 ถึง 0.75 มีความเหมาะสมต่อความหนาแน่นของพืช เมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่ ในการคำนวณอัตราการไหลเฉลี่ย จำเป็นต้องพิจารณาค่าคงที่แสดงช่องว่างภายในพื้นที่ชุ่มน้ำด้วย

2.4.3 ระยะเวลากักเก็บ (Hydraulic Retention Time , HRT)

(HPCF, 1900 อ้างถึงใน Tanyarut , 1994) พบว่า ระยะเวลากักเก็บที่น้อยกว่า 5 วัน ประสิทธิภาพการกำจัด BOD ลดลง ขณะที่การกำจัดไนโตรเจนที่เหมาะสมอยู่ในช่วงเวลา 3 – 5 วัน

2.5 การบำบัดมวลสารต่าง ๆ ในระบบบำบัดแบบพื้นที่ชุ่มน้ำ

พื้นฐานการบำบัดสารต่าง ๆ ในพื้นที่ชุ่มน้ำ ประกอบด้วย การตกตะกอน (Sedimentation) การดูดซับ (adsorption) การดูดซับสารอาหารของพืช (plant uptake) การดูดซึม การเปลี่ยนรูปและการหมุนเวียนของสารต่าง ๆ ในน้ำเสียโดยจุลินทรีย์ ซึ่งกระบวนการต่าง ๆ นี้มีผลต่อการลดลงของสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นสารละลาย โดยทั่วไปอยู่ในรูปของบีโอดี (Biochemical oxygen demand, BOD) สารประกอบอินทรีย์ที่เป็นของแข็ง จัดในรูปปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total suspended solid, TSS) และสารอาหาร (Nutrients) และปริมาณโลหะหนัก (Heavy metals)

2.5.1 สารอินทรีย์

1) สารประกอบอินทรีย์ที่เป็นสารละลายในรูปบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)

ในพื้นที่ชุ่มน้ำ กระบวนการทางชีวภาพในการกำจัดค่าบีโอดี คือ การเปลี่ยนคาร์บอนกลับสู่บรรยากาศในรูปของมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์โดยจุลินทรีย์ ซึ่งออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้มาจากการพัฒนาช่องว่างภายในสำหรับเคลื่อนย้ายออกซิเจนจากยอดลงสู่รากของพืช (Kadlec และ Knight , 1996)

2) สารประกอบอินทรีย์ที่เป็นของแข็งในรูปสารแขวนลอยทั้งหมด (Total suspended solid : TSS)

ปริมาณของแข็งแขวนลอยในพื้นที่ชุ่มน้ำแบบ (FWS) ถูกกำจัดได้โดยการตกตะกอน โดยเฉพาะอัตราการไหลของน้ำเข้า ที่ค่อนข้างช้า จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการตกตะกอนของสารแขวนลอย รวมทั้งระยะเวลากักเก็บที่เหมาะสม ก็จะทำให้ตกตะกอนได้มากขึ้นด้วย นอกจากนี้พืชน้ำทำหน้าที่เป็นตัวกรองชีวภาพ ด้วยการจับยึดกับอนุภาคของแข็งให้จมลงสู่ก้นบ่อในพื้นที่ชุ่มน้ำแบบ (SF) ถ้ามีปริมาณมาก จะทำให้เกิดการอุดตัน ส่วนพื้นที่ชุ่มน้ำแบบ FWS ของแข็งดังกล่าวจะสะสมที่ก้นบ่อ และเพิ่มปริมาณมากขึ้น (Hammer และ Kadlec, 1983)

2.5.2 สารอาหาร (Nutrients)

สารอาหารที่ได้รับความสนใจ ในการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น โดยเฉพาะการบำบัดน้ำเสียชุมชน คือ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส

1) ไนโตรเจน (Nitrogen)

ในพื้นที่ชุ่มน้ำ ไนโตรเจนที่เข้าสู่ระบบได้ในรูปอนุภาค (particulate) และสารประกอบอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ (dissolved organic and inorganic) ไนโตรเจนส่วนใหญ่ถูกกำจัดโดยการเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีต่าง ๆ ในดินและน้ำ การถูกดูดซับโดยพืช ในจุลินทรีย์กระบวนการ nitrification และ denitrification เป็นกระบวนการสำคัญในการกำจัดไนโตรเจนในพื้นที่ชุ่มน้ำ ซึ่งแอมโมเนีย (NH_3) จะเปลี่ยนรูปเป็นไนเตรต (NO_3^-) ในกระบวนการ nitrification ซึ่งอัตราการ

เกิด nitrification จะสัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจน โดยปฏิกิริยาจะเกิดขึ้น ต่อเมื่อปริมาณออกซิเจนละลาย ต้องมากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีอุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยจำกัด ในที่นี้ปฏิกิริยาจะช้าลง ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส (Metcalf และ Eddy, 1991 อ้างถึงใน Tanyarut , 1994)

จากนั้นไนเตรต (NO_3^-) จะถูกกำจัดในปฏิกิริยา โดยไนเตรต (NO_3^-) จะแพร่กระจายลงสู่ดินที่เป็น anaerobic จะทำให้เกิดก๊าซ (N_2O และ N_2) หรือแอมโมเนียมไอออน (NH^{4+}-N_2) อัตราการเกิด denitrification โดยปกติจะถูกจำกัดความเข้มข้นของไนเตรต และจากการกระจายของไนเตรตจากส่วนที่เป็น aerobic ไปสู่ anaerobic (Reddy และ D'Angel, 1997)

การเก็บเกี่ยวพืชในพื้นที่ชุ่มน้ำที่ใช้บำบัดน้ำเสีย จะไม่เกิดผลกระทบโดยตรงต่อการบำบัดไนโตรเจน แต่จะเกิดผลกระทบต่อปริมาณออกซิเจน และปริมาณจุลินทรีย์ที่อาศัยพืชเป็นที่ยึดเกาะซึ่งมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา nitrification และ denitrification (Reddy และ Sutlon, 1984 อ้างถึงใน ธัญลักษณ์ แต่บรรพกุล, 2539)

2) ฟอสฟอรัส (phosphorus)

กระบวนการสำคัญในการกำจัดฟอสฟอรัสในพื้นที่ชุ่มน้ำ คือ การดูดซับทางเคมี การตกตะกอน และพืชดูดไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต ในการกำจัดฟอสฟอรัสของพื้นที่ชุ่มน้ำแบบ (FWS) ประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสจะต่ำกว่าพื้นที่ชุ่มน้ำแบบ (SF) เนื่องจากดินเป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญ ฟอสฟอรัสจะตกตะกอนในดินที่มีความเป็นเกลือของโลหะ ดินที่มีส่วนประกอบของเหล็กและอลูมิเนียม จะช่วยเพิ่มศักยภาพในการกำจัด (Crites et al., 1995)

ในสภาพความเป็นกรด–ด่างสูงกว่า 7 จะพบอินทรีย์ฟอสเฟตในรูปสารประกอบแคลเซียมและแมกนีเซียม สารประกอบที่ละลายน้ำยากทำให้ประโยชน์ของฟอสฟอรัสต่ำ จุลินทรีย์มีบทบาทในการทำให้อนินทรีย์ฟอสเฟตละลาย จากกิจกรรมของจุลินทรีย์ทำให้เกิดกรดต่าง ๆ ทั้งชนิดอินทรีย์ และอนินทรีย์ ไนเตรต และซัลเฟต กรดต่าง ๆ เหล่านี้จะมีผลไปละลายอนินทรีย์ฟอสฟอรัส ทำให้เกิดฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ง่าย และอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช การดูดซึมฟอสฟอรัสของพืชโผล่พ้นน้ำอยู่ในช่วง 1.8 ถึง 18 กรัมฟอสฟอรัสต่อตารางเมตรต่อปี (Burgoon et al., 1991 อ้างถึงใน USEPA, 2000)

2.5.3 โลหะหนัก (Heavy metal)

การใช้พื้นที่ชุ่มน้ำ เพื่อการบำบัดน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนัก น้ำเสียที่ผ่านเข้าสู่ระบบ ควรมีการบำบัดขั้นต้นมาก่อน เพื่อให้น้ำเสียมีความเข้มข้นของปริมาณโลหะหนักอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในพื้นที่ชุ่มน้ำ

น้ำเสียที่ผ่านเข้าสู่พื้นที่ชุ่มน้ำจะประกอบไปด้วย โลหะหนักที่อยู่ในรูปละลายน้ำได้และละลายน้ำไม่ได้ โลหะหนักบางชนิดพืชและสัตว์สามารถนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต เช่น เบเรียม โบรอน โครเมียม โคบอลต์ คอปเปอร์ เหล็ก แมงกานีส และอื่น ๆ ส่วนโลหะหนักบางตัว แม้ความเข้มข้นต่ำแต่มีความเป็นพิษต่อพืชและสัตว์ ได้แก่ อาร์เซนิก แคดเมียม ตะกั่ว (Gersberg et al., 1984 และ Crites et al., 1997 อ้างถึงใน USEPA, 2000)

กระบวนการที่สำคัญที่เกิดขึ้นในการกำจัดโลหะหนักในพื้นที่ชุ่มน้ำประกอบด้วย 3 กระบวนการ คือ

1. การแลกเปลี่ยนอิออน (cation exchange) และการเกิด chelation กับอนุภาพของดิน ตะกอน การจับกับอนุภาคอื่น ๆ และสารอินทรีย์
2. การตกตะกอน (precipitation) ในรูปของเกลือที่ไม่ละลายน้ำ ในรูปของซัลไฟด์ (sulfides) คาร์โบเนต (carbonate) และออกซิไฮดรอกไซด์ (oxyhydroxides)
3. การดูดซึมของพืช สาหร่าย และแบคทีเรีย (USEPA , 2000)

กล่าวคือขีดจำกัดของปฏิกิริยาของโลหะหนักที่ตกตะกอนลงสู่ใต้ดิน จะสิ้นสุดในสภาวะ anoxic ในรูปของซัลไฟด์ที่ไม่ละลายน้ำ แต่ถ้ามีการเคลื่อนย้ายหรือรบกวนตะกอนไปสู่สภาวะ oxic ในพื้นที่ชุ่มน้ำ ตะกอนของโลหะหนักก็มีโอกาสกลับมาละลายน้ำได้อีก

ในส่วนการดูดซึมของพืช โลหะหนักจะเข้าสู่ต้นทางรากเสมอ โดยขีดจำกัดของการดูดซึมของพืชขึ้นกับชนิดของโลหะและชนิดของพืช หลายงานวิจัยรายงานว่าสามารถพบโลหะหนักบริเวณผิวของรากในระหว่าง การตกตะกอนและการดูดซับ (Simpson et al., 1983 อ้างถึงใน USEPA, 2000) พบว่า แคดเมียม คอปเปอร์ ตะกั่ว นิกเกิล และสังกะสี สะสมในซากพืชตลอดการเจริญเติบโต โดยมีความเข้มข้นของโลหะหนักสูงกว่าตอนที่พืชยังมีชีวิต และ (Zayed et al., 1998 อ้างถึงใน USEPA, 2000) พบว่าพืชลอยน้ำได้ เช่น duckweed จะมีการสะสมของ แคดเมียม คอปเปอร์ และซิลิเนียม ได้สูง แต่มีการสะสมของโครเมียมปานกลาง และปริมาณการสะสมของ

นิกเกิล และตะกั่วน้อยที่สุด (Kadlec และ Knight, 1996) พบว่าโลหะหนักเข้าสู่ต้นทางราก และมักสะสมอยู่บริเวณราก ไม่ค่อยเคลื่อนที่สู่ยอด มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ไปสะสมบริเวณลำต้น และใบ หรืออาจกล่าวได้ว่ามีการสะสมของโลหะหนักอยู่ในส่วนใต้ดินมากกว่าส่วนที่อยู่เหนือดิน

2.6 หญ้าแฝกที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มี 2 ชนิด (species) คือ

1) *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash (แฝกหอม) สายพันธุ์สุราษฎร์ธานี
2) *Vetiveria nemoralis* A. Camus (แฝกดอน) สายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

หญ้าแฝก มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า Vetiver grass และมีชื่อพื้นเมืองในภาษาไทย และลาว เรียก Faeg (วีระชัย ณ นคร, 2535) ภาษาท้องถิ่นไทย เช่น แกงหอม แฝก หญ้าแฝกหอม เป็นพืชอยู่ในวงศ์หญ้า (Family Gramineae) อายุยืนมีการแตกกอมีส่วนเหนือดินที่เป็นต้นและใบ (วีระชัย ณ นคร, 2535) รายงานว่าหญ้าแฝกมีอยู่ในโลกประมาณ 12 ชนิด และได้ทำการศึกษาอนุกรมวิธานของหญ้าแฝกในประเทศไทย พบ 2 ชนิด คือ หญ้าแฝกหอม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash และหญ้าแฝกดอน *Vetiveria nemoralis* A. Camus แต่การเรียกชื่อชนิดในภาษาไทย ยังมีความแตกต่างกัน คือ เรียกหญ้าแฝกหอมว่าหญ้าแฝกลุ่ม และเรียกหญ้าแฝกดอนว่า แฝกพื้นบ้าน ในธรรมชาติพบว่าหญ้าทั้งสองชนิดมีการกระจายทั่วไป ขึ้นได้ดีในสภาพพื้นที่ลุ่ม และที่ดอนในดินสภาพต่าง ๆ จากความสูงใกล้ระดับน้ำทะเล จนถึงระดับประมาณ 800 เมตร (วีระชัย ณ นคร, 2536)

2.6.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

2.6.1.1 ลำต้น (Culm)

หญ้าแฝกเป็นหญ้าที่ขึ้นเป็นกอ มีลักษณะเป็นพุ่ม ใบยาวตั้งตรง กอหญ้าแฝกมีขนาดค่อนข้างใหญ่ โคนกอเบียดกันแน่น เป็นลักษณะเฉพาะอันหนึ่งที่แตกต่างจากหญ้าอื่นค่อนข้างชัดเจน ส่วนโคนของลำต้นจะแบนเกิดจากส่วนของโคนใบที่จัดเรียงพับซ้อนกัน ลำต้นแท้จะมีขนาดเล็กซ่อนอยู่ในกาบใบบริเวณคอดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) หญ้าแฝกจะมีการแตกหน่อใหม่ทดแทนต้นเก่าอยู่เสมอ โดยจะแตกหน่อออกทางด้านข้างรอบกอเดิม ทำให้กอมีขนาดขยายใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ มีความสูง 100 – 200 เซนติเมตร (กมลพรรณ นามวงศ์พรหม, 2541)

2.6.1.2 ใบ (Leaf)

ใบของหญ้าแฝกแตกออกจากโคนกอ รูปร่างของใบมีลักษณะแคบกว้างประมาณ 5-9 มิลลิเมตร ขอบใบขนาน ปลายสอบแหลม แผ่นใบกร้านคาย เมื่อตัดแผ่นใบตามขวาง และศึกษาดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จะเห็นลักษณะการเรียงตัวของเนื้อเยื่อในใบเป็นลักษณะแบบเรียบง่ายด้านหลังใบ มีการกระจายตัวของมัดท่อน้ำและท่ออาหาร (vascular bundle) เรียงตัวขนานกันอย่างเป็นระเบียบอยู่ใต้ชั้นผิวใบ (epidermis) ตอนบนของมัดท่อน้ำและอาหารจะมีเซลล์ที่มีผนังหนาตามมุม (sclerenchyma) เรียงตัวอยู่เป็นกลุ่มทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงให้แก่แผ่นใบ และมัดท่อน้ำและท่ออาหาร ด้านท้องใบ จะมีสีจางกว่าด้านหลังใบส่วนผิวใบจะปกคลุมด้วยเซลล์ผนังบางชั้นเดียว ใต้ผิวใบลงไปจะประกอบด้วยเซลล์ผนังบางจัดเรียงตัวเป็นกลุ่มในลักษณะเชื่อมระหว่างท่อมัดลำเลียงกับผิวใบ ทำหน้าที่เก็บสะสมความชื้นบริเวณตอนกลางของแผ่นใบ จะมีช่องว่างขนาดใหญ่ ทำหน้าที่เก็บก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อช่วยในขบวนการสังเคราะห์แสง และการหายใจ บนด้านหลังใบจะมีเซลล์ปากใบ มากกว่าด้านท้องใบ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

กมลพรรณ นามวงศ์พรหม, 2541 ได้ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะภายนอกของหญ้าแฝกหอม และหญ้าแฝกดอน พบว่ามีลักษณะภายนอกของใบมีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัด คือ

1) หญ้าแฝกหอม มีใบยาว 45-90 (100) เซนติเมตร กว้าง 0.6-0.9 (1.2) เซนติเมตรมีหลังใบโค้งปลายแบนมีสีเขียวเข้ม เนื้อใบค่อนข้างเนียนมีไขเคลือบมากทำให้ดูมัน ท้องใบออกสีขาวซีดกว่าด้านหลังใบ และเมื่อนำไปส่องดูกับแสงจะเห็นรอยกั้นขวางเนื้อใบชัดเจน โดยเฉพาะพื้นใบบริเวณส่วนโคน และกลางใบ เส้นกลางใบ ฝังตัวใต้แผ่นใบ

2) หญ้าแฝกดอน มีใบยาว 35-60 (80) เซนติเมตร กว้าง 0.4-0.6 (0.8) เซนติเมตร ใบมีสีเขียวซีด หลังใบพับเป็นสันสามเหลี่ยม เนื้อใบหยาบ สากลาย มีไขเคลือบน้อยทำให้กร้าน ไม่เหลือบเป็นมัน ท้องใบสีเดียวกับด้านหลังใบ แต่จะมีสีซีดกว่าแผ่นใบเมื่อส่องกับแสงไม่เห็นรอยกั้นในเนื้อใบ เส้นกลางใบสังเกตได้ชัดเจน ลักษณะแข็ง เป็นแกนนูนทางด้านหลัง

สำหรับโครงสร้างภายในของใบหญ้าแฝกทั้งสองชนิดเมื่อเปรียบเทียบกัน มีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัด คือ ใบหญ้าแฝกหอมเนื้อใบหนากว่า และขนาดของช่องอากาศก็มีขนาดใหญ่กว่าหญ้าแฝกดอนด้วย ใบแฝกดอนมีกลุ่มเซลล์ผนังหนา (bundle sheath extension) ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับมัดท่อน้ำ ท่ออาหารขนาดใหญ่

2.6.1.3 ราก (Root)

หญ้าแฝกมีรากที่ประสานกันแน่น หยั่งแนวดิ่งลงดินไม่แผ่ขนาน มีรากแกน รากแขนงโดยเฉพาะมีรากฝอยมาก ระบบรากของหญ้าแฝกจะแตกต่างจากหญ้าส่วนใหญ่ คือ หญ้าโดยทั่วไปจะมีรากเป็นลักษณะระบบรากฝอย (fibrous roots) แตกจากลำต้นใต้ดินกระจายออกแผ่กว้าง เพื่อยึดพื้นดินตามแนวนอน (horizontal) ระบบรากในแนวดิ่ง (vertical)ไม่ลึกมาก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) รากหญ้าแฝกมีสองขนาดคือเส้นโตและรากขนาดเล็ก เส้นโตจะเหนียวและแข็งแรงเจาะลงไปในดินได้ลึก เส้นขนาดเล็กจะแตกแขนงออกจากเส้นใหญ่ ประสานกันแน่นคล้ายร่างแห (วิทูร ชินพันธุ์, 2537) หญ้าแฝกที่มีอายุ 18 เดือน รากจะเจริญเติบโตเต็มที่เปลือกรากมีลักษณะอวบน้ำคล้ายนวมทำหน้าที่เพิ่มความหนา ความแข็งแรง ดูดน้ำและความชื้นและป้องกันส่วนลำเลียงน้ำและอาหารที่อยู่ภายในเมื่อตัดรากตามขวาง และศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จะเห็นลักษณะการเรียงตัวของเนื้อเยื่อรากดังนี้ ชั้นนอกสุดประกอบไปด้วยเซลล์ผิว ซึ่งเมื่อรากแก่มากก็จะตายไป ทำหน้าที่เสริมให้ความแข็งแรงแก่เซลล์รากที่อยู่ด้านใน ใต้เซลล์ชั้นผิวเป็นเซลล์ที่มีผนังหนาเรียงตัวอยู่หลายชั้น ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรง และให้ความยืดหยุ่นแก่ราก เซลล์ชั้นถัดไปประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ผนังบางที่เชื่อมต่อกันหลวม ๆ ทำให้เกิดช่องว่างขนาดใหญ่ (air space) อยู่มากซึ่งช่วยรากกักเก็บน้ำเมื่อมีความชุ่มชื้นสูง และเก็บอากาศขึ้นเมื่อในดินมีความแห้งแล้ง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) ผลการศึกษาความแตกต่างของลักษณะภายในรากหญ้าแฝกหอม และหญ้าแฝกดอน โดย (กมลพรรณ นามวงศ์พรหม, 2541) พบว่ารากหญ้าแฝกหอมมีโพรงอากาศ (air space) ในบริเวณคอร์เทกซ์ (cortex) ขนาดใหญ่กว่าแฝกดอน อย่างไรก็ตามลักษณะภายในของรากหญ้าแฝกมีลักษณะเหมือนกับรากพืชน้ำ (hydrophyte) ดังนั้นหญ้าแฝกโดยเฉพาะแฝกหอมจึงสามารถทนน้ำท่วมขังได้ดี

2.6.1.4 ช่อดอก (Inforescense)

หญ้าแฝกมีช่อดอกตั้ง มีลักษณะเป็นรวงตั้งตรงอยู่บนก้านช่อดอก (main axis) ยาวกลม ก้านช่อดอก และรวงสูงประมาณ 100-150 เซนติเมตร และในต้นที่สมบูรณ์จะสูงจากพื้นดินเกินกว่า 200 เซนติเมตร เฉพาะส่วนช่อดอกหรือรวงสูงประมาณ 20-30 เซนติเมตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) ขณะที่ช่อดอกบาน ช่อดอกจะกางออกเป็นรูปฉัตร (Verticillate) แผ่กว้างเต็มที่ 10-15 เซนติเมตร (วิทูร ชินพันธุ์, 2537) ช่อดอกของหญ้าแฝกหอมส่วนใหญ่มีสีม่วงซึ่งเป็นลักษณะปกติประจำแต่ละชนิดพันธุ์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

2.6.1.5 ดอกหญ้า (Spikelets)

หญ้าแฝกจะมีดอกหญ้าเรียงตัวอยู่ด้วยกันเป็นคู่ ๆ มีลักษณะคล้ายคลึงกันและขนาดใกล้เคียงกัน แต่ละคู่ประกอบด้วยดอกชนิดที่ไม่มีก้าน (sessile spikelet) และดอกชนิดมีก้าน (pedicelled spikelet) ยกเว้นที่ส่วนปลายของก้านช่อย่อย มักจะจัดเรียงเป็น 3 ดอกอยู่ด้วยกันดอกที่ไม่มีก้านจะอยู่ด้านกลางส่วนดอกที่มีก้านจะชูอยู่ด้านบนดอกที่ไม่มีก้าน ดอกที่ไม่มีก้านดอกจะเป็นดอกสมบูณ์เพศ คือมีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ด้วยกัน (bisexual spikelet) ส่วนดอกมีก้านจะเป็นดอกตัวผู้ (male spikelet) ที่มีแต่เกสรตัวผู้อยู่ภายใน ดอกหญ้าแฝกมีรูปร่างคล้ายกระสวย ปลายสอบขนาดของดอกกว้าง 1.5-2.5 มิลลิเมตร ยาว 2.5-3.5 มิลลิเมตร ด้านหลังของดอกมีผิวขรุขระ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541 ; กมลพรรณ นามวงศ์พรหม, 2541)

2.6.1.6 เมล็ดและต้นอ่อน (Seed and Seedlings)

เมล็ดของหญ้าแฝกจะมีส่วนน้ำตาลอ่อน เป็นรูปกระสวยผิวเรียบ หัวท้ายมนขนาดโตกว้าง 1-1.5 มิลลิเมตร ยาว 2.5-3 มิลลิเมตร เมล็ดมีผนังบางเนื้ออ่อน เมล็ดหญ้าแฝกมีความสามารถในการงอก อยู่ในช่วงระยะเวลาจำกัดเพียงช่วงสั้น ๆ จากการนำเมล็ดมาเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการจะพบว่ามีเปอร์เซ็นต์การงอกได้มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์แต่เมื่อทิ้งไว้เพียง 3 วัน อัตราการงอกจะลดลงเหลือประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และถ้าทิ้งไว้ 7 วัน อัตราการงอกจะลดลงเหลือเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นอัตราการงอกที่ต่ำมาก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) เนื่องจากเมล็ดหญ้าแฝกมีความไวในการตอบสนองกับสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้ง ลมแรง และแดดจัดได้ดีจึงเสียความสามารถในการงอกได้ง่ายแม้เพียงช่วงระยะเวลาสั้น ๆ (กมลพรรณ นามวงศ์พรหม, 2541)

2.6.2 สรุปข้อแตกต่างของหญ้าแฝกหอมและหญ้าแฝกดอน

หญ้าแฝกหอมเป็นพืชที่มีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี และเป็นไปได้ค่อนข้างรวดเร็ว หญ้าแฝกหอมที่พบขึ้นอยู่ทั่วไปในสภาพธรรมชาติ มีการกระจายขึ้นอยู่ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ มีการปรับตัวเองให้เหมาะสมที่จะขึ้นอยู่ในพื้นที่นั้น ๆ สำหรับหญ้าแฝกดอนหรือที่เรียกหญ้าแฝกพื้นบ้านนั้น มีการกระจายพันธุ์อยู่ในวงแคบ ๆ ตามธรรมชาติเฉพาะในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ คือ ประเทศไทย ลาว กัมพูชา เวียดนามและมาเลเซีย เท่านั้น หญ้าแฝกดอนสามารถขึ้นได้ดีทั้งในที่แดดจัดและแดดปานกลาง ตารางที่ 2.5 สรุปการเปรียบเทียบลักษณะภายนอกของหญ้าแฝกหอมและหญ้าแฝกดอน

ตารางที่ 2.5 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของหญ้าแฝกหอม และหญ้าแฝกดอน

ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างของหญ้าแฝกหอมและหญ้าแฝกดอน

หญ้าแฝกหอม	หญ้าแฝกดอน
1. ถิ่นกำเนิด - ตอนกลางของทวีปเอเชีย สันนิษฐานว่าอยู่ในประเทศอินเดีย - มีการนำไปปลูกขยายพันธุ์ทั่วไป	**1. ถิ่นกำเนิด** - เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ประเทศไทย ลาว เขมรและเวียดนาม - กระจายพันธุ์อยู่ในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ ไม่มีการนำไปปลูกขยายพันธุ์
2. ลักษณะกอ - มีพุ่ม ใบยาวตั้งตรงขึ้นสูง - สูงประมาณ 150-200 เซนติเมตร - มีการแตกตะเกียงและแตกแขนงลำต้นได้	**2. ลักษณะกอ** - เป็นพุ่ม ใบยาวปลายจะแผ่โค้งลงคล้ายกอตะไคร้ ไม่ตั้งมากเหมือนหญ้าแฝกหอม - สูง 100-150 เซนติเมตร - ปกติไม่มีการแตกตะเกียงและแตกแขนงลำต้น
3. ใบ - ยาว 45-100 เซนติเมตร หว้าง 0.6-1.2 เซนติเมตร - ใบสีเขียวเข้ม หลังใบโค้ง ท้องใบออกสีขาวมีรอยกั้นขวางเนื้อใบส่องกับแดดเห็นชัดเจน - เนื้อใบค่อนข้างเนียน มีไขเคลือบมากทำให้ดูนุ่มมัน	**3. ใบ** - ยาว 35-80 เซนติเมตร กว้าง 0.4-0.8 เซนติเมตร - ใบสีเขียวซีด หลังใบพับเป็นสันแข็งสามเหลี่ยม ท้องใบสีเดียวกับด้านหลังใบแต่ชิดกว่า แผ่นใบเมื่อส่องกับแดดไม่เห็นรอยกั้นในเนื้อใบ - เนื้อใบหยาบ สากคาย มีไขเคลือบน้อยทำให้ดูกร้านไม่เหลือบมัน
4. ช่อดอกและดอก - ช่อดอกสูง 150-250 เซนติเมตร - ส่วนใหญ่มีสีอมม่วง - ดอกย่อยไม่มีรยางค์แข็ง	**4. ช่อดอกและดอก** - สูง 100-150 เซนติเมตร - มีได้หลายสีตั้งแต่สีขาวครีม สีม่วง - ดอกมีรยางค์แข็ง
5. เมล็ด - ขนาดโตกว่าหญ้าแฝกดอนเล็กน้อย สีไม่แตกต่างกัน	**5. เมล็ด** - ขนาดเล็กกว่าหญ้าแฝกหอม
6. ราก - มีความหอมเย็น มีน้ำมันหอมระเหยอยู่เฉลี่ย 1.4-1.6% ของน้ำหนักแห้ง - โดยทั่วไปรากจะหยั่งลึกได้ประมาณตั้งแต่ 100-300 เซนติเมตร	**6. ราก** - ไม่มีความหอม - รากสั้นกว่า โดยทั่วไปจะหยั่งลึกประมาณ 80-100 เซนติเมตร

ตารางที่ 2.5 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของหญ้าแฝกหอมและหญ้าแฝกดอน (ต่อ)

หญ้าแฝกหอม	หญ้าแฝกดอน
7. การใช้ประโยชน์ - รากใช้ทำน้ำมันหอม สบู่ เครื่องประดับ เช่น กระเป๋า พัด ไม้แขวนเสื้อ สมุนไพรและเป็นยากันแมลงในตู้เสื้อผ้า	**7. การใช้ประโยชน์** - ปัจจุบันเมืองไทยใช้ใบมาทำวัสดุมุงหลังคาแต่ ไม่เป็นที่นิยม

ที่มา : (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

นักพฤกษาศาสตร์พบว่าหญ้าแฝก *Vetiveria zizanioildes* (Linn.) Nash และ *Vertiveria nemoralis* (Balansa) A. Camus ขึ้นทุกภาคของประเทศไทย จึงได้มีการรวบรวมหญ้าแฝกจากแหล่งต่าง ๆ ทั่วประเทศดังตารางที่ 2.6 และทำการสำรวจความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ต่าง ๆ ตามสภาพนิเวศน์วิทยาที่พบในธรรมชาติ ดังแสดงในตารางที่ 2.7 ซึ่งมีสภาพทางกายภาพของพื้นที่แตกต่างกันโดยกรมพัฒนาที่ดินได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างหญ้าแฝก 28 กลุ่มพันธุ์ในประเทศไทย

หญ้าแฝกหอม	หญ้าแฝกดอน
1. กำแพงเพชร	1. อุดรธานี 1
2. เชียงราย	2. อุดรธานี 2
3. สงขลา 1	3. นครพนม 1
4. สงขลา 2	4. นครพนม 2
5. สงขลา 3	5. ร้อยเอ็ด
6. สุราษฎร์ธานี	6. ชัยภูมิ
7. ตรัง 1	7. เลย
8. ตรัง 2	8. สระบุรี 1
9. ศรีลังกา	9. สระบุรี 2
10. เชียงใหม่	10. ห้วยขาแข้ง
11. แม่ฮ่องสอน	11. กาญจนบุรี
	12. นครสวรรค์
	13. ประจวบคีรีขันธ์
	14. ราชบุรี
	15. จันทบุรี
	16. พิษณุโลก
	17. กำแพงเพชร 1

ที่มา : (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.7 ลักษณะพื้นที่ที่เหมาะสมของหญ้าแฝกหอมและหญ้าแฝกดอน

ลักษณะพื้นที่	หญ้าแฝกหอม (กลุ่มพันธุ์)	หญ้าแฝกดอน (กลุ่มพันธุ์)
1 พื้นที่ดินทราย	กำแพงเพชร 2 และ สงขลา 3	นครสวรรค์ กำแพงเพชร ร้อยเอ็ด และ ราชบุรี
2 พื้นที่ดินร่วนเหนียว	สุราษฎร์ธานี และสงขลา 3	นครสวรรค์ กำแพงเพชร 1 ราชบุรี และประจวบคีรีขันธ์
3 พื้นที่ดินลูกรัง	ศรีลังกา กำแพงเพชร 2 สุราษฎร์ธานี และสงขลา 3	เลย และประจวบคีรีขันธ์

ที่มา :(วิทูร ชินพันธุ์, 2536 ; กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

2.7 การใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝกในการอนุรักษ์ดินและน้ำ

ธนาคารโลก, 2537 ได้รายงานว่าหญ้าแฝกเป็นพืชทนแล้งและพืชชอบน้ำ (Xerophyte)สามารถพบได้ทั้งที่สภาพแห้งแล้งจัดและในสภาพน้ำขัง ขึ้นได้ในดินเกือบทุกประเภท ช่วงความเป็นกรด-ด่าง (pH) กว้าง หรือที่ระดับความสมบูรณ์แตกต่างกัน อีกทั้งยังสามารถขึ้นได้ในทุกสภาพภูมิอากาศ ตั้งแต่พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีระหว่าง 200 ถึง 6000 มิลลิเมตรต่อปี และอยู่ในอุณหภูมิระหว่าง 5-9 องศาเซลเซียส ทนต่อความแห้งแล้ง น้ำท่วม ศัตรูพืช โรค ได้ดี

ในประเทศไทยได้มีการนำหญ้าแฝกมาใช้ในการอนุรักษ์ดินและน้ำ เนื่องจากหญ้าแฝกเป็นพืชที่มีอายุยืนยาว มีความสามารถในการแตกกอได้ดี การเจริญเติบโตได้รวดเร็ว มีระบบรากฝอยแข็งแรง ประสานกันแน่นหยั่งลึกลงในดิน (ราเชนทร์ ถิรพร, 2534) พบว่าหญ้าแฝกที่มีอายุ 1 ปี มีความยาวของรากตั้งแต่ 0.75 ถึง 3 เมตร หรือมากกว่านี้ขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของดินและระยะการเจริญเติบโต รวมทั้งความอุดมสมบูรณ์ของต้นหญ้าแฝก คุณสมบัติดังกล่าวนี้ เป็นประโยชน์ในการอนุรักษ์ดินและน้ำป้องกันการกัดเซาะพังทลายของหน้าดิน ป้องกันการตกตะกอนของดิน และป้องกันสารเคมีที่เป็นพิษไม่ให้ไหลปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำได้

2.8 งานวิจัยที่ศึกษาความทนทานและการดูดซับสารพิษและโลหะหนักของหญ้าแฝกในดินและน้ำ

2.8.1 การศึกษาความทนทานและการดูดซับสารพิษและโลหะหนักของหญ้าแฝกในดิน

Truong (1992) ได้ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพ ในการทนทานสภาพดินเค็มของหญ้าแฝกในประเทศออสเตรเลีย ผลการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบกับ Rhodes Grass *(Chloris guyana)*ซึ่งถือเป็นหญ้าอาหารสัตว์ที่ทนเค็มได้ดีที่สุดของพื้นที่กึ่งร้อนของออสเตรเลีย ดินด่างที่มีระดับความเป็นกรด เบส สูงถึง 9.5 และในสภาพดินเปรี้ยวจัดที่มีระดับความเป็นกรดเบสต่ำถึง 3.3 เหตุผลที่สำคัญคือหญ้าแฝกมีระบบรากลึก รากจึงเจริญเติมโตพ้นระดับผิวดิน ซึ่งมีความเค็มสูงได้ นอกจากนี้ยังพบว่าหญ้าแฝกสามารถทนความเป็นพิษของอลูมิเนียม และแมงกานีส ได้สูงถึง 578 มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัมดิน ในประเทศไทย (พรชัย สุธาทร, 2536) ได้ทำการศึกษาความทนเค็มของหญ้าแฝก 28 กลุ่มพันธุ์ ในพื้นที่ดินเค็มชายทะเล จังหวัดจันทบุรี พบว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และกลุ่มพันธุ์สงขลา 2 มีการเจริญเติบโตและมีความทนเค็มได้ดีกว่ากลุ่มพันธุ์อื่นๆ

Troung และ Baker (1996, 1998) ศึกษาความทนทานต่อความเป็นพิษของโครเมียมในดินของหญ้าแฝกหอมกลุ่มพันธุ์มอนโต้ โดยปลูกหญ้าแฝกในดินที่มีระดับโครเมียมที่ความเข้มข้น 0 50 100 200 และ 600 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัมดิน พบว่าระดับความเป็นพิษอยู่ระหว่างความเข้มข้นที่ 200 ถึง 600 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัมดิน ในขณะที่พืชส่วนใหญ่มีความทนทานต่อความเป็นพิษของโครเมียมที่ระดับความเข้มข้นระหว่าง 10 ถึง 30 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัมดิน และพบว่าปริมาณน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกที่ปลูกในดิน ที่ระดับความเข้มข้นโครเมียม 600 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัมดิน โดยค่าน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกที่ปลูกในดินที่ระดับความเข้มข้นของโครเมียม 0 50 100 200 และ 600 เท่ากับ 35.29 28.71 34.64 25.80 และ 4.68 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ และจากการศึกษาการกระจายตัวของโครเมียมในส่วนยอด และรากของหญ้าแฝก ที่ปลูกในดินที่มีระดับโครเมียมที่มีความเข้มข้น 600 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัมดิน พบโครเมียมส่วนยอด 18 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม และพบในส่วนราก 175 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม

Nualchavee Roongtanakiat และ Prapai Chairoj (2000) ทำการศึกษาการดูดซับโลหะหนักของหญ้าแฝกดอน สายพันธุ์กำแพงเพชร และหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์ราชบุรี และสุราษฎร์ธานี ศึกษาโลหะหนัก 5 ชนิด คือ แมงกานีส สังกะสี ทองแดง แคดเมียม และตะกั่ว ระยะเวลาการปลูก 60 วัน ถึง 120 วัน พบว่าที่เวลา 60 วัน น้ำหนักแห้งส่วนรากมีค่าสูงกว่าน้ำหนักแห้งส่วนยอด เมื่อทำการศึกษาต่อจนถึงระยะเวลา 120 วัน พบว่าความเข้มข้นของโลหะหนัก

ในส่วนยอดมีค่าต่ำกว่าที่ระยะเวลา 60 วัน ส่วนค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในรากมีค่าเพิ่มขึ้นจากระยะเวลา 60 วัน ในส่วนยอดที่มีค่าความเข้มข้นของโละหะหนักต่ำ เนื่องมาจากผลของการเจือจางโลหะหนักในเนื้อเยื่อ (Dilution Effect) ดังนั้นหากมีการตัดส่วนยอดของหญ้าแฝกทุก ๆ 3 ถึง 4 เดือน ส่วนยอดที่งอกขึ้นมาใหม่จะกระตุ้นการดูดซับโลหะหนัก จากรากไปส่วนยอด นอกจากนี้พบว่า การดูดซับโลหะหนักของหญ้าแฝกเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของโลหะหนักที่ใส่ลงในดิน

ดุษลักษณ์ ฐิติวร (2543) ทำการศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี และหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ในการกำจัดสารหนูในดินที่ระดับความเข้มข้น 0 50 75 100 125 และ 150 มิลลิกรัมAsต่อกิโลกรัมดิน โดยทำการศึกษาเป็นระยะเวลานาน 90 วัน พบว่า หญ้าแฝกทั้งกลุ่มพันธุ์มีการสะสมสารหนูในส่วนรากมากกว่าในใบ โดยการสะสมสารหนูในต้นหญ้าแฝกทั้ง 2 กลุ่มพันธุ์เพิ่มขึ้น ตามระดับความเข้มข้นของสารหนูในดินที่เพิ่มขึ้นมีค่าสูงสุดที่ระดับความความเข้มข้นของสารหนูในดิน 150 มิลลิกรัมAsต่อ กิโลกรัม การสะสมสารหนูในใบของหญ้าแฝกทั้ง 2 สายพันธุ์ มีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาการปลูกนานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Nualchavee และ Prapai ที่ว่าความเข้มข้นของโลหะหนัก ในส่วนยอดมีค่าต่ำลงเมื่อระยะเวลาทำการศึกษานานขึ้น หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีการสะสมสารหนูในส่วนใบ มากกว่าหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ส่วนการสะสมของสารหนูในรากของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น และพบว่าประสิทธิภาพการดูดดึงสารหนูจากดินของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่นานขึ้นเช่นกัน โดยสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีค่าประสิทธิภาพสูงกว่าสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

2.8.2 การศึกษาความทนทานและการดูดซับสารพิษและโลหะหนักของหญ้าแฝกในน้ำ

มนพ รุ่งสุข (2538) ศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกหอม 5 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์อินเดีย บราซิล ศรีลังกา อินโดนีเซีย และราชบุรี ในการบำบัดน้ำทิ้งจากชุมชน จังหวัดเพชรบุรี พบว่าหญ้าแฝกสายพันธุ์อินเดียน้ำหนักต้นสูงสุด ส่วนศรีลังกามีน้ำหนักรากสูงสุด ในส่วนต้นพันธุ์ราชบุรีมีการสะสมของธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมได้สูงสุด ในส่วนความสามารถในการดูดซับโลหะหนักพบว่า หญ้าแฝกสายพันธุ์ราชบุรีพบโลหะหนักพวกตะกั่ว และแคลเซียมได้สูงสุดในต้น และปรอทพบสูงสุดในสายพันธุ์อินโดนีเซีย ในส่วนรากนั้นการดูดซับสูงสุดของโลหะหนักปรอท แคดเมียม และตะกั่ว จะเพิ่มขึ้นในสายพันธุ์ศรีลังกา ราชบุรี และอินโดนีเซีย ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองนี้สามารถบ่งชี้ได้ว่าหญ้าแฝกหอมกลุ่มดังกล่าวข้างต้นนี้ สามารถนำไปใช้บำบัดน้ำทิ้งได้

ธนียา เจติยานุกรกุล (2539) ได้ศึกษาทดลองใช้หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ราชบุรี และหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี อินโดนีเซีย ศรีลังกา และบราซิล ในการบำบัดน้ำทิ้งชุมชนและน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมนม โดยน้ำทิ้งชุมชนมีความเข้มข้น 0 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ และจากโรงงานอุตสาหกรรมนมที่ระดับความเข้มข้น 0 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาพบว่ากลุ่มพันธุ์หญ้าแฝกที่รดด้วยน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนมีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน โดยหญ้าแฝกสายพันธุ์ราชบุรีมีน้ำหนักต้นสูงสุด สายพันธุ์บราซิลน้ำหนักรากสูงสุด นอกจากนี้ส่วนต้นหญ้าแฝกสายพันธุ์บราซิลยังมีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมสูงสุด ในส่วนรากยังพบปริมาณตะกั่วและแคดเมียมสูงสุด สำหรับในชุดที่รดด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมพบว่า หญ้าแฝกสายพันธุ์ศรีลังกามีน้ำหนักต้นสูงสุด หญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีน้ำหนักรากสูงสุดส่วนกลุ่มหญ้าแฝกสายพันธุ์บราซิลมีปริมาณไนโตรเจน แคลเซียม และแคดเมียมสูงสุด ในส่วนรากยังพบปริมาณตะกั่วและแคดเมียมสะสมสูงสุด โดยปริมาณโลหะหนักที่วิเคราะห์ได้พบในระดับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมากพบการสะสมบริเวณรากมากกว่าลำต้น ดังนั้นสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารและโลหะหนักได้ดีที่สุด คือสายพันธุ์บราซิล รองลงมา คือ สายพันธุ์สุราษฎร์ธานี

Xia Hanping (1999) ทำการศึกษาความทนทานค่าซีโอดี แอมโมเนีย และไนโตรเจน ในน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร ในมณฑลกวางเจา ประเทศจีน โดยทำการปลูกพืช 12 ชนิด ประกอบด้วย (*Vetiveria zizanioids, Sannerus chinensis, Cyperus exaltatus, Polygonum hydropiper, Polygonum lapathifolium, Juncellus serotinus, Ranunculus cantoniensis, Scirpus triangulatus*) ในพื้นที่ชุ่มน้ำ โดยมีระดับซีโอดี ที่ความเข้มข้น 1,040 1,300 1,900 2,200 และ 2,800 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ที่ความเข้มข้น 150 200 240 290 และ 390 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าพืชส่วนใหญ่สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่ค่าความเข้มข้นซีโอดี ในช่วง 1,300 และ 1,900 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่ความเข้มข้นแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในช่วง 200 และ 240 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนหญ้าแฝกสามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกความเข้มข้นที่กำหนดให้ โดยมีเปอร์เซ็นต์ความทนทานต่อค่าซีโอดี และ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน เท่ากับ 84.5 เปอร์เซ็นต์

Summerfelt , Adler , Glenn และ Kretsxhmam (1999) ศึกษาการใช้พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นแบบไหลผ่านพื้นผิว (FWS) และแบบไหลผ่านใต้ผิวตัวกลาง (SF) เพื่อการบำบัดน้ำชะมูลฝอย (leachate) โดยใช้หญ้าแฝกหอม *Vetiveria zizanioides* พบว่าในพื้นที่ชุ่มน้ำแบบไหลผ่านพื้นผิว สามารถลดค่าสารแขวนลอยได้ 96 เปอร์เซ็นต์ และซีโอดี 72 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในพื้นที่ชุ่มน้ำแบบไหลผ่านใต้ผิวตัวกลางสามารถลดค่าสารแขวนลอยได้ 98 เปอร์เซ็นต์ และซีโอดีได้ 91

เปอร์เซ็นต์ และพบว่าพื้นที่ชุ่มน้ำทั้ง 2 แบบ สามารถลดปริมาณไนโตรเจนได้ทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ 82 ถึง 92 เปอร์เซ็นต์

Cull, Hunter และ Truong (2000) ทำการศึกษาความทนทานต่อยาปราบศัตรูพืช คือ Atrazine และ Diural ของหญ้าแฝกหอม *Vetiveria zizanioides* และอ้อ *Phragmites australis* ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นในประเทศออสเตเลีย โดยมีระดับความเข้มข้นของ Atrazine และ Diural ที่ 0 20 200 และ 2,000 ไมโครกรัมต่อลิตร พบว่าหญ้าแฝกหอมสามารถเจริญเติบโตได้ดี ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น และมีความทนทานต่อ Atrazine และ Diural ที่ระดับความเข้มข้นสูง คือ 2,000 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตจากน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกที่ปลูกใน Atrazine และ Diural ที่ระดับความเข้มข้น 2,000 ไมโครกรัมต่อลิตร ไม่มีความแตกต่างกับน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกที่ปลูกในบ่อควบคุม แต่ในทางกลับกัน อ้อมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับต้นอ้อที่ปลูกในบ่อควบคุม

2.9 อุตสาหกรรมฟอกหนัง (Tannery industry)

2.9.1 การฟอกหนัง (tanning process)

การฟอกหนังก็คือการเปลี่ยนสภาพหนังสัตว์ดิบ ไปเป็นหนังสำเร็จซึ่งคงตัวกว่า ไม่เน่าเปื่อย มีความทนทานต่อสภาพอากาศและน้ำร้อน ทั้งนี้ การรักษาสภาพหนังไม่ให้เน่าเปื่อยจะอาศัยสารเคมีบางชนิดได้แก่ ฝาด โครเมียม หรือสารเคมีอื่น ๆ เข้าไปทำปฏิกิริยากับคอลลาเจนในหนัง

การฟอกหนังที่นิยมใช้มีสองวิธี คือ การฟอกโครม โดยอาศัยโครเมียม และการฟอกฝาด โดยอาศัยแทนนิน ซึ่งเป็นสารสกัดจากพืชหรือสารสังเคราะห์มาเป็นตัวฟอก ทั้งนี้การฟอกโครมเป็นที่นิยมกว่า เนื่องจากใช้เวลาสั้น สารเคมีราคาถูก หนังที่ฟอกแล้วทนต่อความร้อนและความชื้นดีกว่า

1) การฟอกโครม เป็นการฟอกที่กระทำในถังหมุน ซึ่งจะใช้สารเคมีพวกเบสิกโครเมียมซัลเฟต (Cr^{3+}) เป็นตัวฟอก กระบวนการฟอกหนังเกิดในช่วงความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระหว่าง 3 ถึง 5 ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงทำให้ Cr^{3+} สามารถแทรกเข้าไปจับกับคอลลาเจนได้มากขึ้น เพื่อป้องกันการตกตะกอนโครเมียมที่ชั้นนอก ๆ ของหนังดิบ ไม่ควรเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เกินกว่า 3.8 ถึง 4.0 (ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์, 2535) โดยทั่วไป

แล้วประมาณร้อยละ 70 ของโครเมียมที่เติมลงไปจะทำปฏิกิริยากับหนัง ที่เหลืออีกร้อยละ 30 จะถูกทิ้งไปกับน้ำเสีย หนังที่ผ่านการฟอกโครมแล้ว เรียกว่าหนัง wet-blue

2) การฟอกฝาด การฟอกฝาดสามารถกระทำได้ในถังไม้ปั่นหรือบ่อคอนกรีต โดยใช้แทนนิน ซึ่งสกัดจากเปลือกไม้พวกยูคาลิปตัส ต้นควีบราโด และอื่น ๆ มาเป็นสารฟอก เนื่องจากสารเคมีมีราคาสูง น้ำฟอกที่ใช้แล้วจากถังปั่นไม้ที่ใช้แล้วจะนำมาใช้ซ้ำได้อีก

ขั้นตอนที่สำคัญ คือ การล้างฝาดส่วนเกิน โดยใช้กรดออกซาลิกล้างฝาดออกจากหนัง ซึ่งจะต้องอาศัยความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสม การล้างฝาดส่วนเกินจะมีผลต่อคุณภาพหนังอย่างมาก หนังสำเร็จรูปที่เกิดจากการฟอกฝาดจะมีน้ำหนักมากกว่าการฟอกโครม และมีต้นทุนการผลิตสูงกว่าการฟอกโครม หลังจากการฟอกแล้วหนังจะถูกรีดทำให้แห้ง เจียรผิวด้วยเครื่องตัดแต่งและคัดเลือก เพื่อเก็บไว้รอจำหน่ายหรือแปรรูปต่อไป

2.9.2 แหล่งกำเนิดน้ำเสียในกระบวนการฟอกหนัง

การฟอกหนังเป็นกระบวนการแปรรูปหนังสัตว์ โดยอาศัยน้ำ สารเคมี และกระบวนการทางกล ดังนั้นน้ำเสียจากการฟอกหนังจึงมีสารมลพิษปะปนอยู่สูง และเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม ขั้นตอนที่ทำให้เกิดน้ำเสียที่สำคัญอาจกล่าวได้ดังนี้

1) ขั้นตอนการเก็บรักษาหนัง
2) ขั้นตอนการล้างและการแช่น้ำหนัง
3) ขั้นตอนการแช่น้ำปูนและกัดขน
4) ขั้นตอนการขุดพังผืด (fleching) และการผ่าแยกชั้น (splitting)
5) ขั้นตอนการล้างปูนของหนังส่วนล่าง (deliming of splittings)
6) ขั้นตอนการล้างทำลายฤทธิ์ปูนและการบ่มหนัง (pelt drliming and bating)
7) ขั้นตอนการดองกรด และการฟอกโครม (pickling and chrome tanning)
8) ขั้นตอนการรีดน้ำ และการเจียรหนัง (sammying and shaving)

จากขั้นตอนต่าง ๆ ข้างต้น สามารถสรุปลักษณะสมบัติน้ำเสียรวมจากอุตสาหกรรมฟอกหนังของไทยได้ดังตารางที่ 2.8 และ 2.9

ตารางที่ 2.8 สรุปลักษณะสมบัติน้ำเสียรวมจากอุตสาหกรรมฟอกหนังของไทย

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
PH	8.15	6.67	8.64
COD mg/l	1,535	958	4,200
BOD_5 mg/l	4,150	2,433	8,100
TKN mg/l	2,097	215	644
SS mg/l	2,097	1,027	4,361
TS mg/l	13,857	9,118	21,881
Cr mg/l	77.68	18	2.4

ที่มา : (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2540)

ตารางที่ 2.9 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียฟอกหนังก่อนและหลังการบำบัด

พารามิเตอร์	น้ำเสียก่อนการบำบัดด้วยระบบเอกติเวทเต็จสลัดจ์ *	น้ำทิ้งหลังการบำบัด	ค่ามาตรฐาน**
PH	7.88	7.48	5-9
SS mg/l	433-516	66-71	ไม่เกิน 50 mg/l
BOD_5 mg/l	565-1,010	24-45	ไม่เกิน 20 mg/l
COD mg/l	1,500-2,000	217-222	ไม่เกิน 120 mg/l
total chromium mg/l	5-10	1	ไม่เกิน 0.5 mg/l

ที่มา : (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2535)

หมายเหตุ : * คือ น้ำเสียหลังจากตกตะกอนในรางระบายส่งน้ำแล้ว

หมายเหตุ : ** มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2539

ในปัจจุบันการจัดการน้ำเสียจากการฟอกหนัง จะนำน้ำเสียผ่านการบำบัดขั้นต้นด้วยวิธีบ่อตะกอนเร่ง ปกติจะเน้นไปที่การลดสารอินทรีย์ ซัลไฟด์ และโครเมียม เป็นหลักใหญ่ก่อนทิ้ง

ลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ อย่างไรก็ตามการปนเปื้อนของโครเมียมยังคงมีการปนเปื้อนอยู่ดังตารางที่ 2.9 จากการศึกษาการปนเปื้อนของโครเมียมในดินบริเวณป่าชายเลนกรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมฟอกหนัง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ พบว่าโครเมียมไตรวาเลนซ์ (Cr^{+3}) และโครเมียมเฮกซะวาเลนซ์ (Cr^{+6}) มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน ดังแสดงในภาคผนวกที่ ก (เสาวลักษณ์ ศิริวรรณ, 2542) ดังนั้นจึงควรมีการนำน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดขั้นต้นมาบำบัดต่อด้วยวิธีการชีวภาพ วิธีการหนึ่งที่ได้รับความสนใจ คือ พื้นที่ชุ่มน้ำ เนื่องจากเป็นระบบที่มีความเป็นไปได้ที่จะกำจัดสารแขวนลอยและโลหะที่ละลายอยู่ แต่ต้องทำการศึกษาการปนเปื้อนในดิน และพืชที่เหมาะสม

ในการศึกษาครั้งนี้ โลหะปนเปื้อนที่สนใจ คือ โครเมียม ซึ่งเป็นโลหะหนักที่ปนออกมากับน้ำเสียซึ่งมีปริมาณสูง และก่อให้เกิดปัญหาความเป็นพิษต่อสภาพแวดล้อม

2.10 โครเมียม chromium

โครเมียมในรูปธาตุอิสระ (Cr) เป็นสารที่ไม่พบในธรรมชาติ ส่วนใหญ่จะพบในรูปสารประกอบออกไซด์ของสินแร่ chromite อยู่ในรูป chromic oxide (Cr_2O_3) รวมกับ FeO มีสูตรโดยทั่วไปเป็น $FeO.Cr_2O_3$ สินแร่ chromite นอกจากมี Cr_2O_3 และ FeO เป็นองค์ประกอบแล้วยังมี magnesium, aluminium และ silica ปะปนอยู่ด้วย (McGrath และ Smite, 1993)

โครเมียมเป็นโลหะทรานซิชัน มีเลขอะตอมเท่ากับ 24 มีน้ำหนักอะตอม 51.9961 จุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 1,890 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่นเท่ากับ 7.19 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีเลขออกซิเดชันตั้งแต่ -2 ถึง 6 (WHO, 1988) โครเมียมตัวสำคัญที่พบในช่วงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำในธรรมชาติมีเพียงโครเมียม (III) และโครเมียม (VI) ซึ่งพบมาก ส่วนโครเมียมที่มีเลขออกซิเดชันค่าอื่นจะพบน้อยมาก นอกจากนี้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมปริมาณโครเมียมในน้ำตามธรรมชาติ ทั้งนี้ความสมดุลระหว่างโครเมียมในน้ำตามธรรมชาติ ทั้งนี้ความสมดุลระหว่างโครเมียม (III) และโครเมียม (VI) เป็นสิ่งสำคัญในการคงอยู่ของโครเมียมในสิ่งแวดล้อม

2.10.1 โครเมียมในสิ่งแวดล้อม

โครเมียมถูกนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น การผลิตเหล็ก วัสดุอัลลอยด์ อิฐในเตาเผา สีย้อมและสีต่าง ๆ สารเคลือบโลหะ เพื่อป้องกันสนิม และใช้ในโรงงานฟอกหนัง การแพร่กระจายของโครเมียมเข้าสู่สิ่งแวดล้อม เกิดขึ้นได้จากการทิ้งของเสียที่มีการปนเปื้อนของโครเมียมในการผลิตทางอุตสาหกรรม การทิ้งน้ำเสียที่มีโครเมียมปะปนอยู่ โดยโครเมียมในรูป

ของไอออน +3 และ +6 เป็นสภาวะที่พบมากในธรรมชาติ ซึ่งโครเมียมในรูปไอออน +3 (trivalent chromium) หรือ Cr (III) สามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นโครเมียมในรูปไอออน +6 (hexavalent chromium) หรือ Cr (VI) ซึ่งเป็นสารพิษไม่คงตัวในสภาพธรรมชาติ สามารถเคลื่อนที่ในดินเป็นการเสี่ยงต่อการปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2.10.1.1 การแพร่กระจายและการเปลี่ยนรูปโครเมียมในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

การเปลี่ยนรูปไอออนของโครเมียมในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ ขึ้นกับปฏิกิริยาออกซิเดชัน และ รีดักชัน

1) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นการเปลี่ยนรูปจากโครเมียม (III) ไปอยู่ในรูปโครเมียม (VI) พบว่าสารประกอบที่เป็นตัวออกซิไดส์โครเมียมในน้ำคือ แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ก็สามารถออกซิไดส์โครเมียมได้ แต่อัตราการเกิดปฏิกิริยาเกิดช้ากว่าการจับตัวกันตกตะกอนของโครเมียม เป็นผลให้โครเมียมในดินตกตะกอนไปก่อนได้ (Amacher และ Baber, 1982 อ้างถึงใน ชัชวาล จันทร์ดุ้ง, 2537)

2) ปฏิกิริยารีดักชัน เป็นการเปลี่ยนรูปจากโครเมียม (VI) ไปอยู่ในรูปโครเมียม (III) พบว่าสารประกอบที่เป็นตัวรีดิวซ์โครเมียม คือ ซัลไฟด์, การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ และเหล็ก (II) โดยปฏิกิริยารีดักชันนี้เกิดขึ้นในสภาพเป็นกรด มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 2-3 (Francouse, 1991 อ้างถึงใน ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2535)

เนื่องจากโครเมียมมีการเปลี่ยนรูปได้ในสภาพแวดล้อม ดังนั้นจึงจำเป็นที่ต้องเข้าในกระบวนการเคลื่อนย้ายและการเปลี่ยนรูปของโครเมียม (III) ไปเป็นโครเมียม (VI) ซึ่งมีความเป็นพิษมาก แม้ว่าโครเมียม (VI) จะมีความเป็นพิษ แต่สำหรับโครเมียม (III) เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของพืช และสัตว์ รวมถึงมนุษย์ เช่น ช่วยในการรักษาระดับกลูโคสให้เป็นปกติ ช่วยในการสังเคราะห์กรดอะมิโน และกรดนิวคลีอิกในสัตว์บางชนิด (WHO, 1988) อย่างไรก็ตามหากมีการสะสมในปริมาณที่สูงอาจทำให้เกิดอันตรายได้

พืชโดยทั่วไปจะมีปริมาณโครเมียมอยู่ในช่วง 0.01-0.1 เท่าของปริมาณโครเมียมในดินและพืชจะแสดงอาการเป็นพิษ เมื่อมีปริมาณโครเมียมสะสมประมาณ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ในสาหร่ายมีรายงานความเป็นพิษของโครเมียม (VI) พบว่าที่ระดับความเข้มข้นน้อยกว่า 20 ถึง 10,000 ไมโครกรัมต่อลิตร (Nriagu และ Niebore, 1998 อ้างถึงใน Kadlec และ Knight, 1996

ในพื้นที่ชุ่มน้ำ ได้มีการศึกษาถึงประสิทธิภาพการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียชุมชน พบว่าประสิทธิภาพการลดลงของโครเมียมมีความสัมพันธ์ กับปริมาณโครเมียมในน้ำเข้า และอัตราการไหลที่ช้า โดยความเข้มข้นโครเมียมในน้ำเข้ามีค่าเท่ากับ 160 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อผ่านพื้นที่ชุ่มน้ำ พบว่า ความเข้มข้นโครเมียมลดลงเหลือ 20 ไมโครกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 87.5 เปอร์เซ็นต์ (Hendrey et al., 1979 อ้างถึงใน Kadlec และ Knight, 1996)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สถานที่ทำการศึกษา

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการก่อสร้างบ่อบำบัดน้ำเสียที่บริษัท พลาทรัพย์ จำกัด ต.บางปูใหม่ อ.เมือง จ.สมุทรปราการ ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

3.2 ระยะเวลาที่ทำการศึกษา

ทำการศึกษาในระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ 2544 ถึงเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2544 และในการเก็บตัวอย่างน้ำ พืชและดินจะทำการเก็บตัวอย่างทุก ๆ 10 วัน เป็นระยะเวลา 100 วันโดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 10 ครั้ง ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง

การศึกษา	วันที่
เริ่มทำการปล่อยน้ำเสียเข้า พร้อมเก็บน้ำเสียเข้าครั้งแรก	23 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2544
เก็บตัวอย่างครั้งที่ 1	4 มีนาคม พ.ศ. 2544
เก็บตัวอย่างครั้งที่ 2	13 มีนาคม พ.ศ. 2544
เก็บตัวอย่างครั้งที่ 3	22 มีนาคม พ.ศ. 2544
เก็บตัวอย่างครั้งที่ 4	31 มีนาคม พ.ศ. 2544
เก็บตัวอย่างครั้งที่ 5	9 เมษายน พ.ศ. 2544
เก็บตัวอย่างครั้งที่ 6	18 เมษายน พ.ศ. 2544
เก็บตัวอย่างครั้งที่ 7	27 เมษายน พ.ศ. 2544
เก็บตัวอย่างครั้งที่ 8	6 พฤษภาคม พ.ศ. 2544
เก็บตัวอย่างครั้งที่ 9	15 พฤษภาคม พ.ศ. 2544
เก็บตัวอย่างครั้งที่ 10	24 พฤษภาคม พ.ศ.2544

3.3 ขั้นตอนการเตรียมสถานที่ศึกษา

1) การก่อสร้างบ่อบำบัดน้ำเสีย หรือ พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์การออกแบบจำลองพื้นที่ชุ่มน้ำในการดำเนินงานวิจัย

รายละเอียด	แบบจำลอง
อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง	5 : 1
อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)	0.04 , 0.06 ,0.08
ระดับความลึกของน้ำ (เมตร)	0.10 , 0.15 ,0.20
ระยะเวลากักเก็บน้ำ (วัน)	10

โดยคำนวณจากสูตรข้างล่างนี้ (Reed et al.,1995)

$$Q = LWdn / t$$

โดยที่ Q = อัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

L = ความยาวของบ่อ (เมตร)

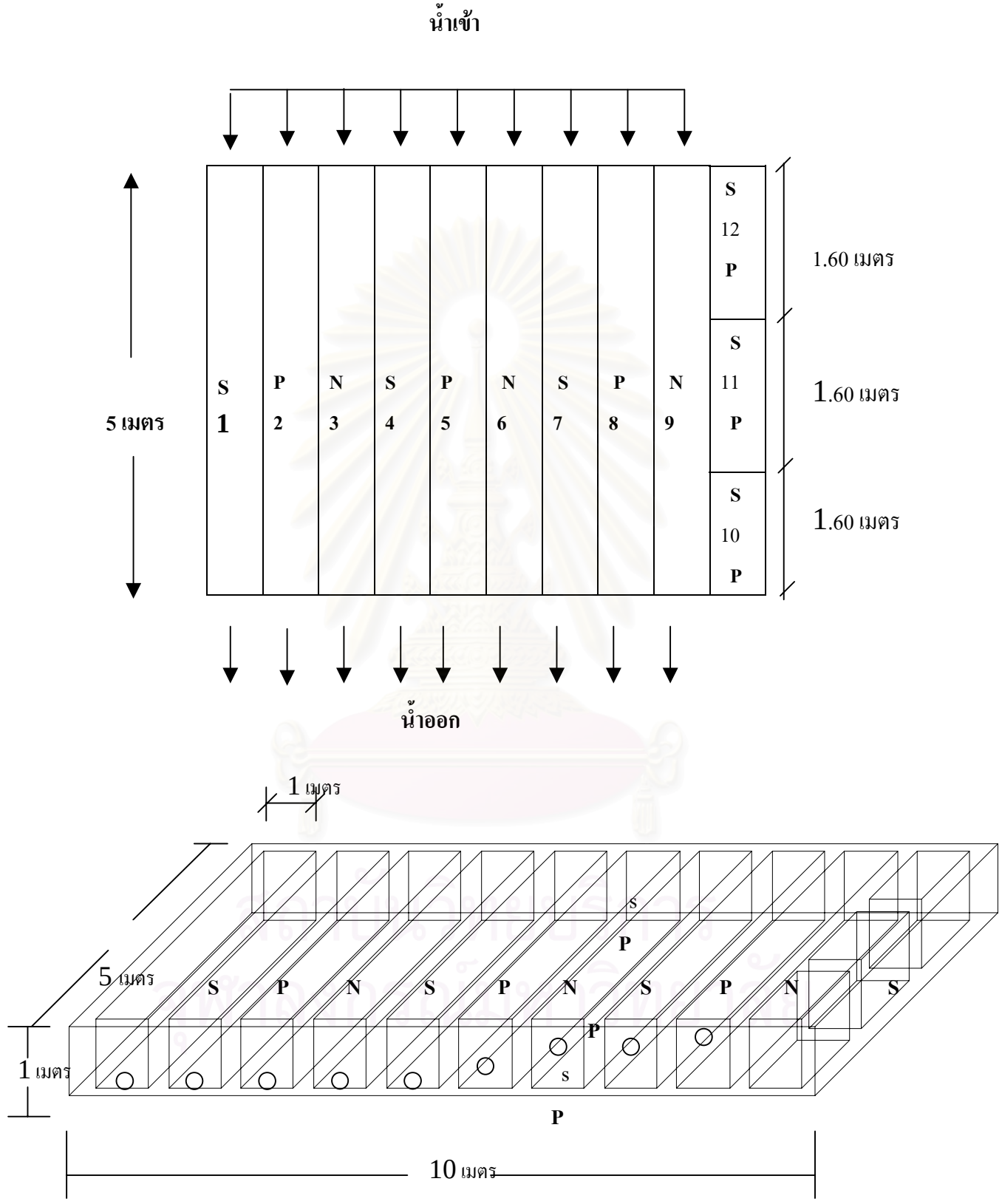
W = ความกว้างของบ่อ (เมตร)

d = ความลึกของระดับน้ำในบ่อ (เมตร)

n = ค่าคงที่แสดงช่องว่างภายในพื้นที่ชุ่มน้ำ
(= 0.75 สำหรับระบบน้ำไหลพื้นผิว FWS)

t = ระยะเวลากักเก็บน้ำ (วัน)

บ่อที่ทำการก่อสร้างเพื่อใช้ในการทดลองวิจัยครั้งนี้ เป็นบ่อคอนกรีตขนาดกว้าง 1.00 เมตร ยาว 5.0 เมตร และลึก 1.00 เมตร จำนวน 9 บ่อ และบ่อคอนกรีตขนาดกว้าง 1.00 เมตร ยาว 1.60 เมตร และลึก 1.00 เมตร จำนวน 3 บ่อ โดยบ่อ 9 บ่อแรกนั้น เป็นบ่อทดลอง 6 บ่อ และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช 3 บ่อ บ่อคอนกรีตขนาดเล็กอีก 3 บ่อนั้น เป็นบ่อควบคุมพืช (รูปที่ 3.2)



รูปที่ 3.2 แบบแสดงลักษณะบ่อทดลอง และบ่อควบคุมที่ใช้ในการทดลอง

2) การเตรียมดิน

หลังจากทำการก่อสร้างบ่อบำบัดน้ำเสียเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำดินที่เตรียมใส่ลงในบ่อที่สร้างขึ้นทั้ง 12 บ่อ โดยให้หน้าดินมีความลึกประมาณ 0.04 เมตร และปรับระดับพื้นบ่อให้มีความสม่ำเสมอกัน

3.4 ขั้นตอนการเตรียมพืชทดลอง

3.4.1 พืชที่นำมาศึกษาคือหญ้าแฝก 2 ชนิด คือ (รูปที่ 3.4)

1) แฝกหอม *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash โดยเลือกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี
2) แฝกดอน *Vetiveria nemoralis* A. Camus โดยเลือกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

โดยทำการคัดเลือกพืชที่มีขนาดใกล้เคียงกันมาชนิดละ 750 ต้น และนำมาเลี้ยงไว้ในบ่อพักก่อนปลูกจริง

3.4.2 นำพืชจากบ่อพักมาปลูกลงในบ่อทดลองใหญ่ชนิดละ 1 บ่อ จำนวน 6 บ่อ และปลูกลงในบ่อเล็กอีก 3 บ่อ โดยมีระยะปลูกระหว่างต้นห่างกัน 0.20 เมตร โดยให้หญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีความยาวเริ่มต้น 0.30 เมตร ทิ้งช่วงให้หญ้าแฝกพักตัวก่อนเริ่มการทดลอง 3-4 สัปดาห์

หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

3.5 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

3.5.1 ปล่อยน้ำเสียที่มีโลหะหนักโครเมียมจากโรงงาน เข้าสู่บ่อบำบัดน้ำเสียทั้ง 9 บ่อ โดยเป็นบ่อทดลองที่มีการปลูกพืช 6 บ่อ บ่อละ 1 สายพันธุ์ และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืชอีก 3 บ่อสำหรับระดับน้ำเสียจะมีความแตกต่างกันดังนี้ คือ บ่อที่ 1 2 3 มีระดับน้ำเสียที่ 0.10 เมตร บ่อที่ 4 5 6 มีระดับน้ำเสียที่ 0.15 เมตร และบ่อที่ 7 8 9 มีระดับน้ำเสียที่ 0.20 เมตร โดยมีระยะกักเก็บน้ำเสีย 10 วัน และมีอัตราการไหลของน้ำเสียเป็น 0.04 0.06 และ 0.08 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ตามลำดับ โดยคำนวณจากสูตรข้างต้นที่กล่าวไปแล้ว

3.5.2 ปล่อยน้ำธรรมดาที่ไม่ใช่น้ำเสียลงในบ่อทดลองขนาดเล็ก 3 บ่อที่ปลูกหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ ที่ระดับน้ำ 0.10 0.15 และ 0.20 เมตร ตามลำดับ ที่กำหนดให้เป็นบ่อควบคุมที่ไม่มีน้ำเสีย

3.5.3 ทำการทดลองต่อไปเป็นระยะเวลานาน 100 วัน

3.6 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง

1) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ ทั้งก่อนและหลังผ่านบ่อบำบัด ในวันที่เริ่มทำการทดลองและเก็บต่อไปทุกๆ 10 วัน จนสิ้นสุดการทดลอง 100 วัน

2) ทำการสุ่มตัวอย่างพืชจากทุกบ่อที่ทำการทดลอง โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design) หลังจากปล่อยน้ำเสียเข้าครั้งแรกครบ 10 วัน ทำการทดลองและเก็บตัวอย่างต่อไปทุกๆ 10 วัน จนสิ้นสุดการทดลองที่ 100 วัน

3) สุ่มตัวอย่างดินที่จุดเดียวกับจุดที่เก็บตัวอย่างของพืช โดยสุ่มตัวอย่างดินจากบ่อทดลองทุกบ่อ หลังจากปล่อยน้ำเสียเข้าครั้งแรกครบ 10 วัน ทำการทดลองและเก็บตัวอย่างต่อไปทุกๆ 10 วัน จนสิ้นสุดการทดลองที่ 100 วัน

3.7 ขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่าง

1) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย วัดค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) อุณหภูมิ (T) ค่าความนำไฟฟ้า (conductivity) ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Total suspended Solid) และ ค่าความเค็ม (Salinity) ของตัวอย่างน้ำ

2) ทำการวิเคราะห์หาโครเมียมในตัวอย่างน้ำ วิเคราะห์ตามวิธีการใน Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (1995) โดยการย่อยน้ำตัวอย่างด้วยกรดไนตริกเข้มข้น และกรดซัลฟูริกเข้มข้น

3) ทำการวิเคราะห์หาโครเมียมในตัวอย่างพืช โดยหาในส่วนใบ และส่วนราก วิเคราะห์ตามวิธีการใน Chemical Analysis of Ecological Material (Allen , 1989) โดยใช้วิธี Mixed Acid Procedure ใช้อัตราส่วนของกรดไนตริก ต่อเปอร์ครอริก ต่อซัลฟูริก (HNO_3 : $HClO_4$: H_2SO_4) เท่ากับ 5 : 1 : 0.5

4) ทำการวิเคราะห์หาโครเมียมในตัวอย่างดิน วิเคราะห์ตามวิธีการใน Soil Sampling and Method of Analysis (Carter, 1993)โดยการย่อยตัวอย่างดินด้วย กรดไนตริกเข้มข้น 30% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น

3.8 ขั้นตอนการศึกษาการเจริญเติบโตของพืช

1) ศึกษาลักษณะทั่วไปของหญ้าแฝกในบ่อทดลองเปรียบเทียบกับบ่อควบคุมที่ไม่ได้ใส่น้ำเสีย

2) ศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้ง 2 สายพันธุ์ จากบ่อทดลอง 6 บ่อที่ปลูกหญ้าแฝกแต่ละ 1 สายพันธุ์ โดยทำการวัดความสูงของต้น (โดยวัดค่าที่สูงที่สุดของแต่ละต้นจำนวน 3 ต้น เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย) เปรียบเทียบกับบ่อทดลองขนาดเล็ก 3 บ่อที่ปลูกหญ้าแฝกทั้ง 2 สายพันธุ์ที่ระดับน้ำ 0.10 0.15 0.20 เมตร ที่กำหนดให้เป็นบ่อควบคุมที่ไม่มีน้ำเสีย ทำการเก็บตัวอย่างพืชครั้งแรก และเก็บตัวอย่างพืชทุกๆ 10 วันเป็นระยะเวลานาน 100 วัน

3) นำตัวอย่างหญ้าแฝกที่เก็บตัวอย่างมาแยกเป็นส่วนราก และส่วนใบ ชั่งน้ำหนักสด และนำตัวอย่างดังกล่าวไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 วัน นำมาชั่งน้ำหนักแห้ง

3.9 การรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.9.1 ข้อมูลการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก

นำข้อมูลการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ มาศึกษาความสามารถในการเจริญเติบโต โดยเปรียบเทียบกันระหว่างบ่อทดลองกับบ่อควบคุมไม่ใส่น้ำเสีย ที่ระดับน้ำต่าง ๆ และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยข้อมูลการเจริญเติบโต (ANOVA) ว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 หรือไม่ ถ้ามีความแตกต่างกัน ทำการทดสอบต่อว่ามีค่าเฉลี่ยของข้อมูลการเจริญเติบโตใดที่แตกต่างไปจากกลุ่มอื่น ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยวิธีของ Duncan' new multiple range test (DMRT)

3.9.2 ข้อมูลการสะสมโครเมียมในส่วนต่าง ๆ ของหญ้าแฝก

นำค่าปริมาณโครเมียมที่พบในส่วนใบ และส่วนรากที่วิเคราะห์ได้ โดยคิดเป็นค่าความเข้มข้นของโครเมียมที่พบในแต่ละส่วน เปรียบเทียบกันในแต่ละระดับน้ำเสียต่าง ๆ กัน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ในการวิเคราะห์หาความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (ANOVA) ของปริมาณความเข้มข้นของโครเมียมที่พบในใบ และในราก ว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 หรือไม่ โดยถ้ามีความแตกต่างกัน ทำการทดสอบต่อว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นใดที่แตกต่างไปจากกลุ่มอื่น ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยวิธีของ Duncan's new multiple range test (DMRT)

3.9.3 ทดสอบหาประสิทธิภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น ในการกำจัดโครเมียมออกจากน้ำเสีย โดยคำนวณจาก ปริมาณโครเมียมในน้ำเข้า และปริมาณโครเมียมในน้ำออกเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำ (\%)} = \frac{\text{ปริมาณโครเมียมในน้ำเข้า - ปริมาณโครเมียมในน้ำออก}}{\text{ปริมาณโครเมียมในน้ำเข้า}} \times 100$$

3.9.4 ทดสอบประสิทธิภาพของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ ที่ใช้ในการกำจัดโครเมียมว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ และสายพันธุ์ใดมีประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมได้ดีที่สุด โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าเฉลี่ยทางเดียว (One – Way Anova) ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.9.5 จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ทำให้อธิบายความแตกต่างระหว่าง

1) ประสิทธิภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำ กับชนิดสายพันธุ์หญ้าแฝก หรือที่ไม่มีพืช
2) ผลของระดับน้ำกับประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียม
3) ผลความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์หญ้าแฝก และระดับน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

4.1 ลักษณะทั่วไปของหญ้าแฝก

การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ ตลอดระยะเวลาการทดลองที่ 100 วัน มีลักษณะลำต้น ใบ และรากของแต่ละสายพันธุ์ ดังนี้ ที่ระยะเวลาการทดลอง 10 วันแรกของการทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีลักษณะการเจริญเติบโตที่ไม่ค่อยดี คือ มีลักษณะใบเหลือง และแห้ง เมื่อทำการทดลองต่อที่ระยะเวลา 100 วันพบว่าหญ้าแฝกมีการปรับตัวให้สามารถทนต่อน้ำท่วมขังได้ดี โดยมีลักษณะใบยาวและกว้างหลังใบโค้งมีสีเขียวเข้มขึ้น เนื้อใบค่อนข้างเนียน ใบแตกจากโคนกอมีลักษณะโคนต้นกลม มีระบบรากเป็นรากฝอยขนาดเล็กแตกแขนงออกจากเส้นใหญ่และเจริญขดแน่นในบ่อ ส่วนหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระยะเวลาการทดลอง 10 วันแรกของการทดลองลักษณะใบมีสีเขียวซีด และแห้ง เมื่อทำการทดลองต่อที่ระยะเวลา 100 วันพบว่าหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีลักษณะใบเรียวยาวแคบมีสีเขียวเข้มขึ้น ขอบใบสาก มีไขเคลือบน้อย มีระบบรากเป็นรากฝอยเส้นใหญ่ หยั่งลงลึกในแนวดิ่ง เปลือกรากมีลักษณะอวบน้ำ และที่ระยะเวลาการทดลองที่ 60 ในบ่อทดลองที่ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร และที่ระยะเวลาการทดลองที่ 80 90 และ 100 วัน ในบ่อทดลองที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีการออกดอกโดยมีลักษณะเป็นช่อดอก ยาวประมาณ10-20 เซนติเมตร มีสีม่วง ประกอบด้วยช่อดอกย่อยมีทั้งที่มีก้านและไม่มีก้านมีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงกัน ความสามารถในการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ที่ปลูกในน้ำเสียที่มีระดับน้ำต่าง ๆ พบว่าตลอดระยะเวลาการทดลองที่ 100 วัน หญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ในบ่อทดลองสามารถเจริญเติบโตได้เป็นปรกติ โดยไม่มีการเกิดโรคหรือแมลงรบกวนเช่นเดียวกับในบ่อควบคุมที่ไม่ได้ใส่น้ำเสียที่ระดับน้ำต่าง ๆ กล่าวคือ มีการเจริญเติบโตในด้านความสูง และน้ำหนักแห้งใกล้เคียงกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ พบว่าหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีความสูงและน้ำหนักแห้งสูงกว่าหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ทุกระดับน้ำเสีย

4.2 ความสามารถในการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก

ศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ คือ หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี และหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ในบ่อทดลองเป็นระยะเวลา 100 วัน โดยศึกษาการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักแห้ง และความสูง

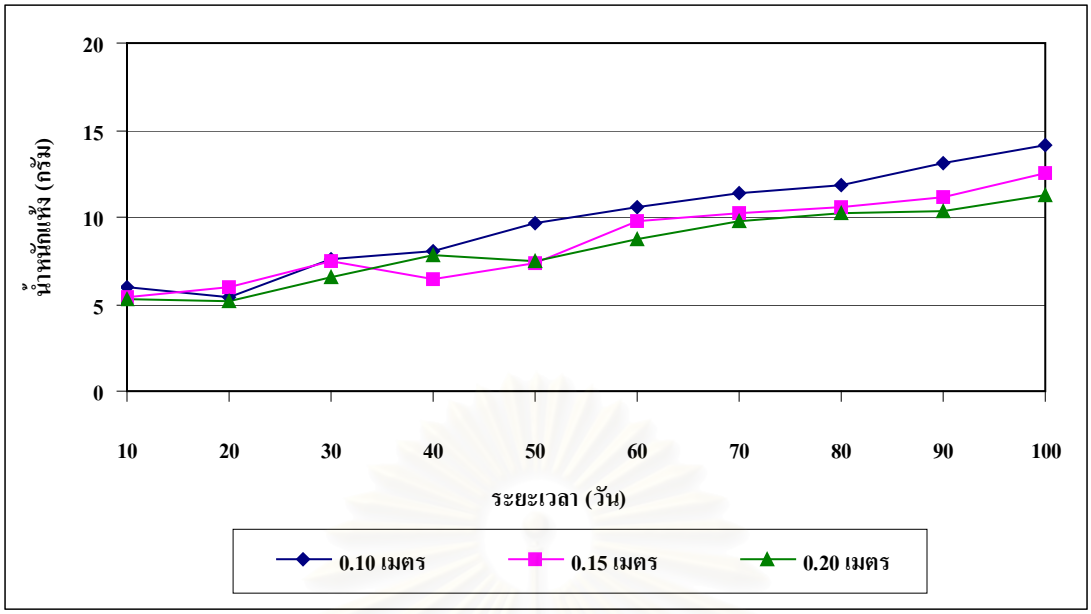
4.2.1 น้ำหนักแห้ง

ทำการศึกษาโดยการชั่งน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกทั้งส่วนใบ ส่วนราก และส่วนดอก (เฉพาะสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์) ในบ่อทดลองเปรียบเทียบกับบ่อควบคุมซึ่งไม่มีการใส่น้ำเสีย ได้ผลดังนี้

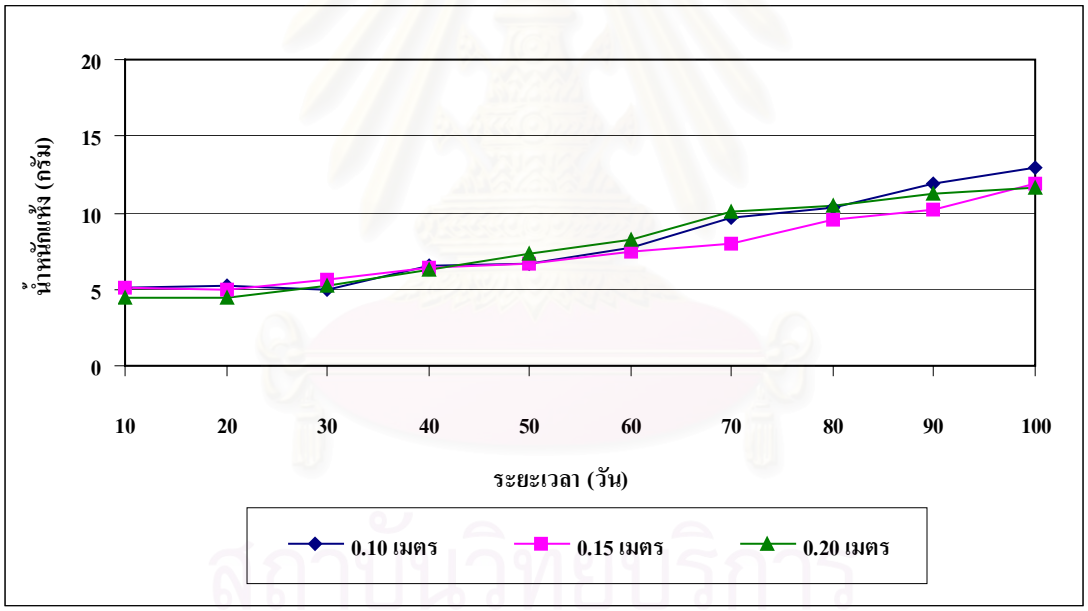
เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งทั้งต้นของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี โดยส่วนใหญ่มีการเพิ่มน้ำหนักแห้งตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาการทดลอง 100 วัน มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งเริ่มต้นที่ระยะเวลา 10 วันแรกของการทดลองในบ่อทดลองที่ระดับน้ำเสีย 0.10 0.15 และ 0.20 เมตร เท่ากับ 5.97 5.45 และ 5.30 กรัม ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะเวลาการทดลอง 100 วัน เท่ากับ 14.19 12.58 และ 11.32 กรัม ตามลำดับ โดยมีค่าน้ำหนักแห้งสูงสุดที่บ่อทดลองระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร เท่ากับ 14.19 กรัม และ มีค่าน้ำหนักแห้งต่ำสุดที่บ่อทดลองระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร เท่ากับ 11.32 กรัม ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ส่วนในบ่อควบคุมมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งเริ่มต้นที่ระยะเวลา 10 วันแรกของการทดลองในบ่อควบคุมที่ระดับน้ำ 0.10 0.15 และ 0.20 เมตร เท่ากับ 5.13 5.04 และ 4.41 กรัม ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะเวลาการทดลอง 100 วัน เท่ากับ 12.89 11.94 และ 11.60 กรัม ตามลำดับ โดยมีค่าน้ำหนักแห้งสูงสุดที่บ่อควบคุมที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร เท่ากับ 12.89 กรัม และมีค่าน้ำหนักแห้งต่ำสุดที่บ่อควบคุมที่ระดับน้ำ 0.20 เมตร เท่ากับ 11.60 กรัม ดังแสดงในรูปที่ 4.2 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของบ่อทดลองที่ระดับน้ำเสีย 0.10 0.15 และ 0.20 เมตร พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข.1 และเมื่อทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของบ่อทดลองกับบ่อควบคุม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ทุกระดับน้ำ ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข. 2

จากการเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ระหว่างส่วนใบ ส่วนราก พบว่า มีน้ำหนักแห้งส่วนใบมากกว่าส่วนราก ที่ทุกระดับน้ำเสียและตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยสรุปแล้วน้ำหนักแห้งส่วนใบและส่วนรากมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ

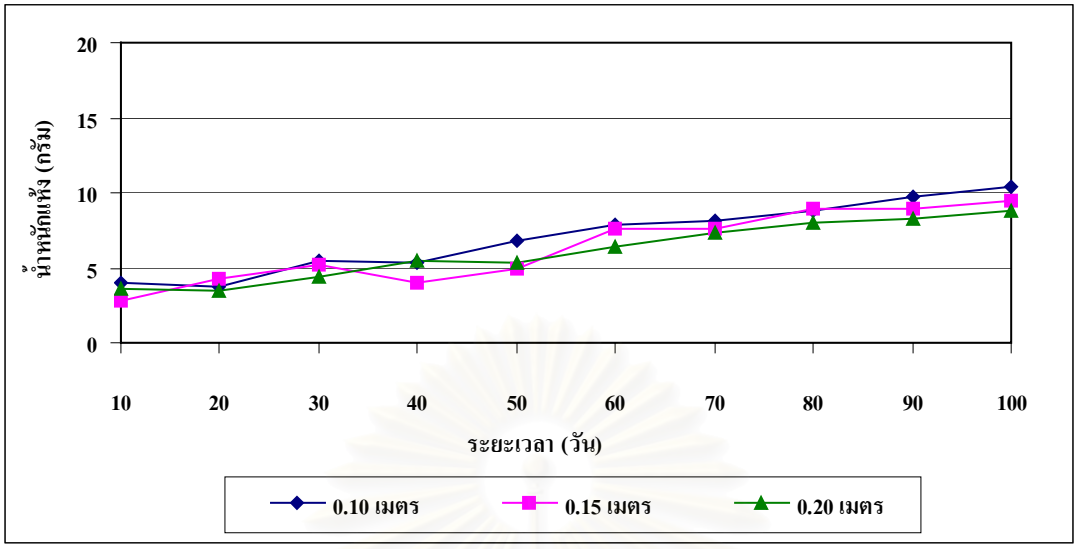
เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งทั้งต้นของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีการเพิ่มน้ำหนักแห้งตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น โดยมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักแห้งสม่ำเสมอ ตลอด



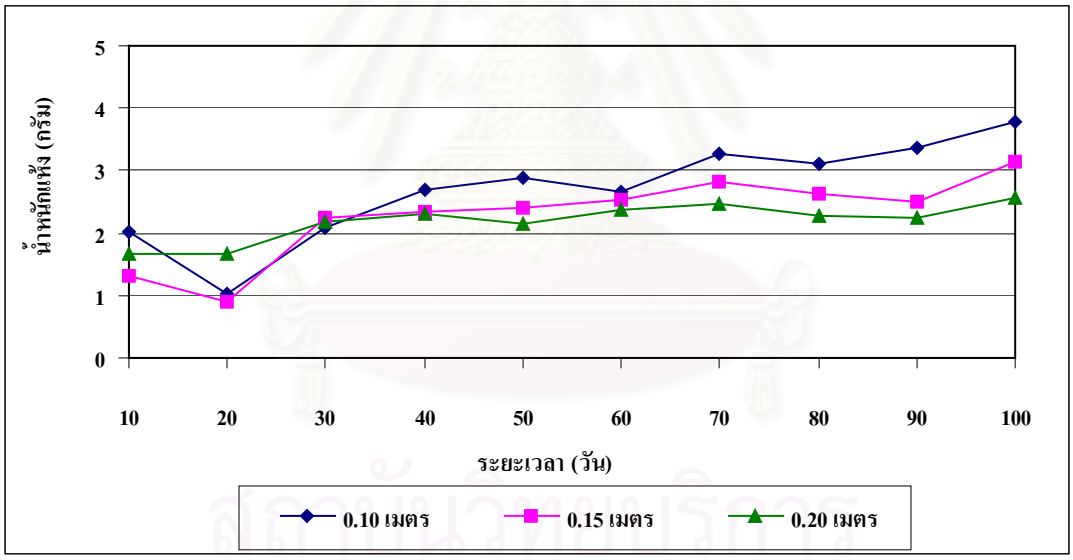
รูปที่ 4.1 น้ำหนักแห้งทั้งต้นของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ



รูปที่ 4.2 น้ำหนักแห้งทั้งต้นของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีบ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ



รูปที่ 4.3 น้ำหนักแห้งส่วนใบของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง

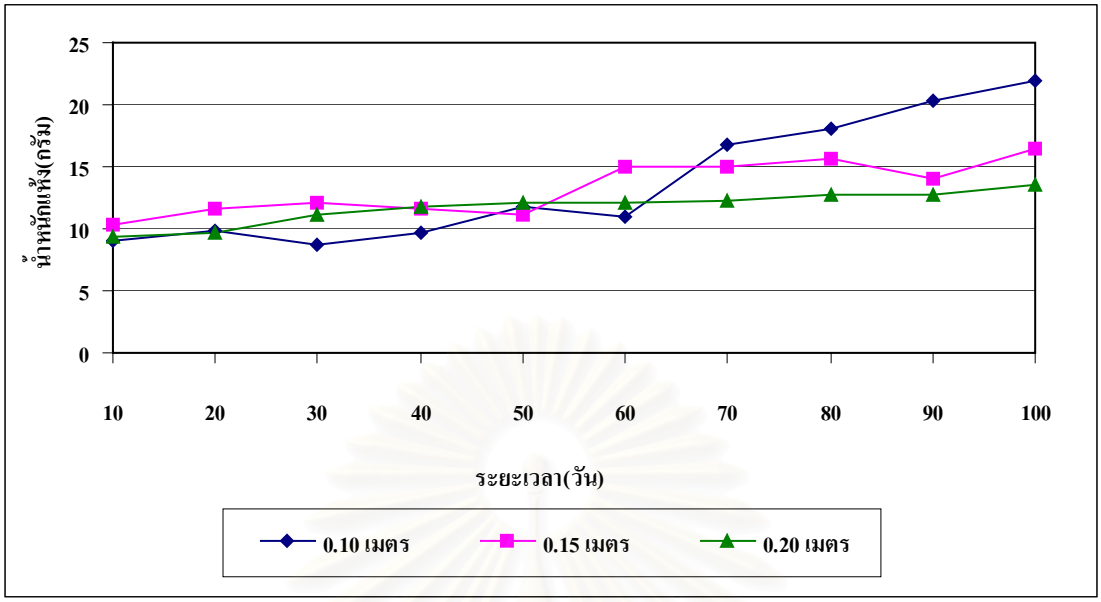


รูปที่ 4.4 น้ำหนักแห้งส่วนรากของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง

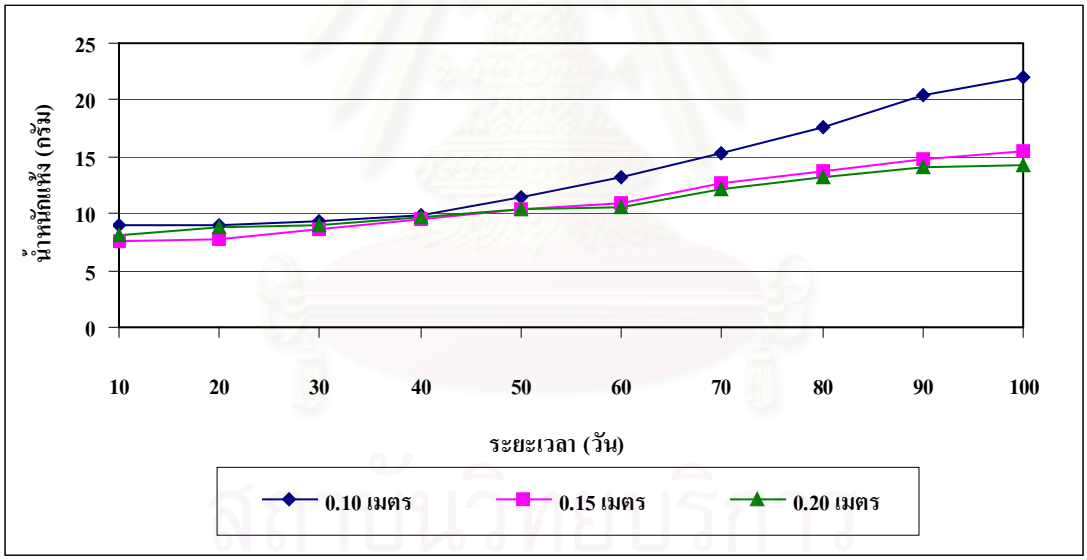
ระยะเวลาการทดลอง 100 วัน ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งเริ่มต้นที่ระยะเวลา 10 วันแรกของการทดลอง ที่บ่อทดลองระดับน้ำเสีย 0.10 0.15 และ 0.20 เมตร เท่ากับ 9.07 10.37 และ 9.43 กรัม ตามลำดับ และเพิ่มสูงสุดที่ระยะเวลาการทดลอง 100 วัน เท่ากับ 21.89 16.47 และ 13.53 กรัม ตามลำดับ โดยมีค่าสูงสุดที่บ่อทดลองระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร เท่ากับ 21.89 กรัม และมีค่าต่ำสุดที่บ่อทดลองระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร เท่ากับ 13.53 กรัม ดังแสดงในรูปที่ 4.5 ส่วนในบ่อควบคุมค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งที่ระยะเวลา 10 วันแรกของการทดลอง ที่ระดับน้ำ 0.10 0.15 และ 0.20 เมตร เท่ากับ 8.94 7.63 และ 8.15 กรัม ตามลำดับ และเพิ่มสูงสุดที่ระยะเวลาการทดลอง 100 วัน เท่ากับ 22.02 15.46 และ 14.31 กรัม ตามลำดับ โดยมีค่าสูงสุดที่บ่อควบคุมระดับน้ำ 0.10 เมตร และมีค่าต่ำสุดที่บ่อควบคุมระดับน้ำ 0.20 เมตร เท่ากับ 14.31 กรัม ดังแสดงในรูปที่ 4.6 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของบ่อทดลองที่ทุกระดับน้ำเสีย พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในภาคผนวก ข.3 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของบ่อทดลองกับบ่อควบคุมที่ระดับความลึกต่างๆ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข.4

จากการเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ระหว่างส่วนใบ ส่วนราก พบว่า มีน้ำหนักแห้งส่วนใบมากกว่าส่วนราก ที่ทุกระดับน้ำเสียและตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยสรุปแล้วน้ำหนักแห้งส่วนใบและส่วนรากมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ

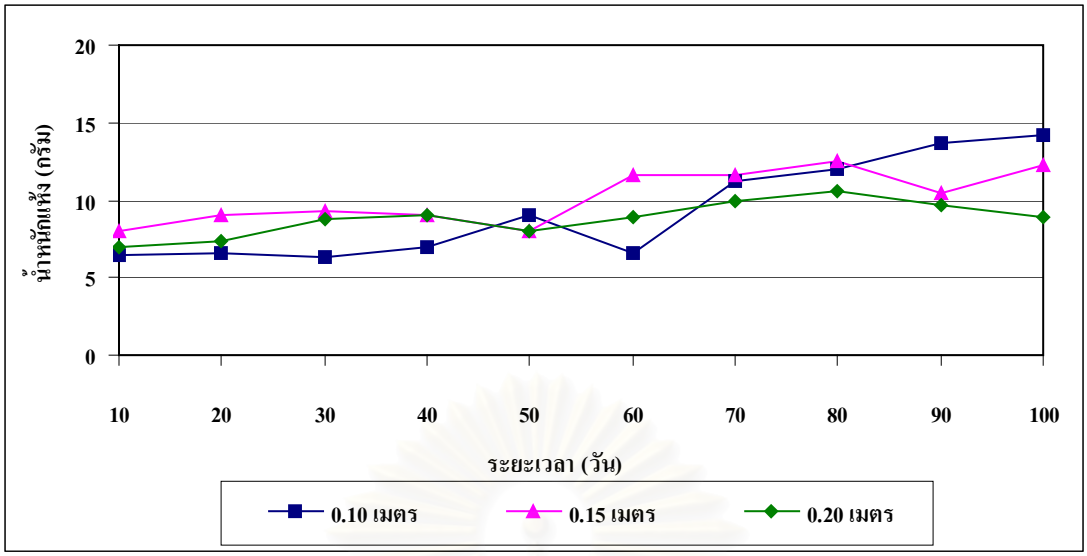
เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งทั้งต้นระหว่างหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ ที่ทุกระดับน้ำ พบว่า ระดับน้ำที่ต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ โดยหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ มีค่าน้ำหนักแห้งทั้งต้นมากที่สุดที่ระดับน้ำต่ำสุด คือ 0.10 เมตร และมีค่าน้ำหนักแห้งทั้งต้นน้อยสุด ที่ระดับน้ำ 0.20 เมตร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหญ้าแฝกไม่ใช้พืชน้ำ ทำให้การเจริญเติบโตด้านน้ำหนักแห้งที่ระดับน้ำลึกไม่ดีเท่าที่ระดับน้ำต่ำ แต่เนื่องด้วยหญ้าแฝกเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะน้ำท่วมขัง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) และมีคุณสมบัติทนต่อความเป็นพิษของโครเมียมในดินได้สูง ที่ระดับความเข้มข้น 600 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัมดิน (Troung และ Baker,1996) จึงทำให้หญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์สามารถเจริญเติบโตได้เป็นปรกติในทุกระดับน้ำ และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของบ่อทดลอง กับบ่อควบคุม ตลอดระยะเวลาการทดลอง 100 วัน พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งไม่มีความแตกต่างกัน ที่ทุกระดับน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.9 และ 4.10 โดยหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีค่าน้ำหนักแห้งทั้งต้นมากกว่าหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ทุกระดับน้ำ



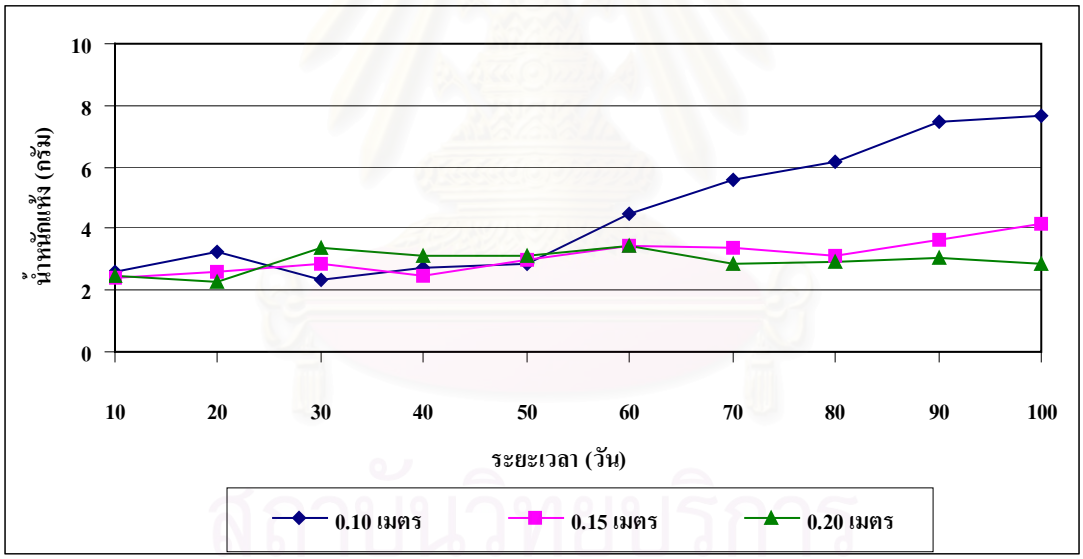
รูปที่ 4.5 น้ำหนักแห้งทั้งต้นของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์บ่อทดลอง ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ



รูปที่ 4.6 น้ำหนักแห้งทั้งต้นของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์บ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ

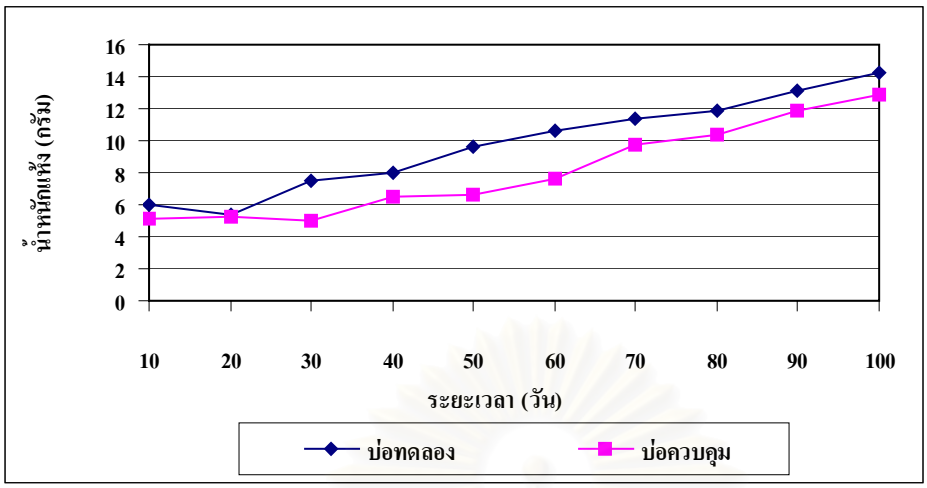


รูปที่ 4.7 น้ำหนักแห้งส่วนใบของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง

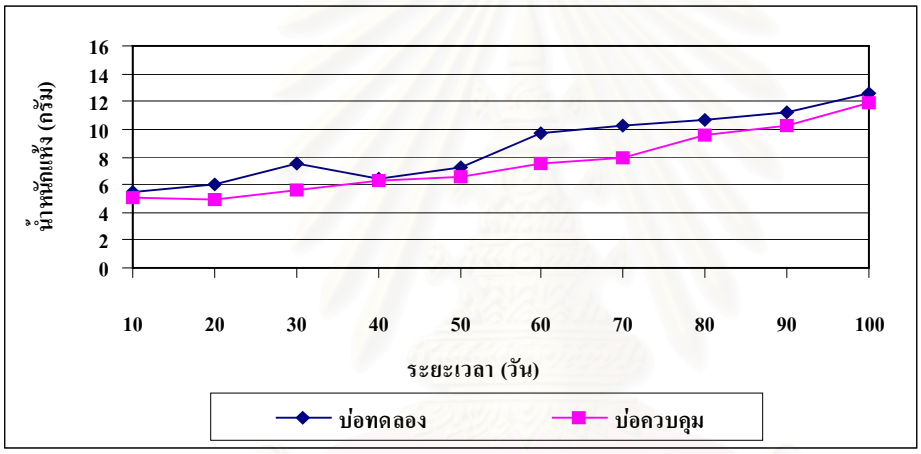


รูปที่ 4.8 น้ำหนักแห้งส่วนรากของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง

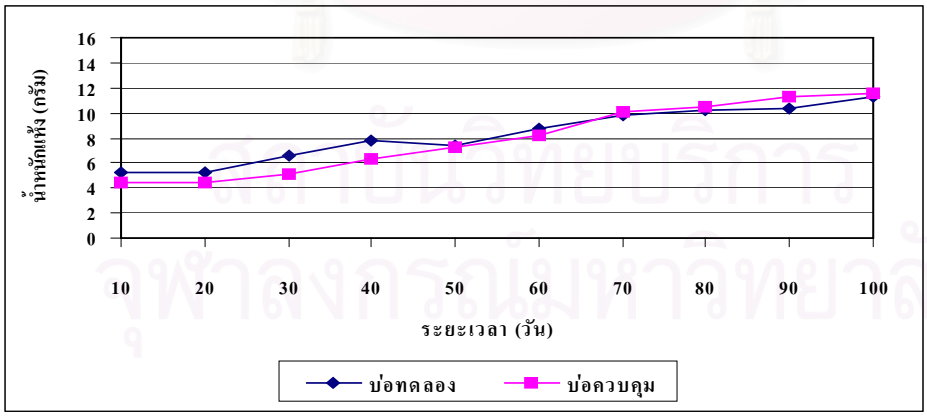
ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร



ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร

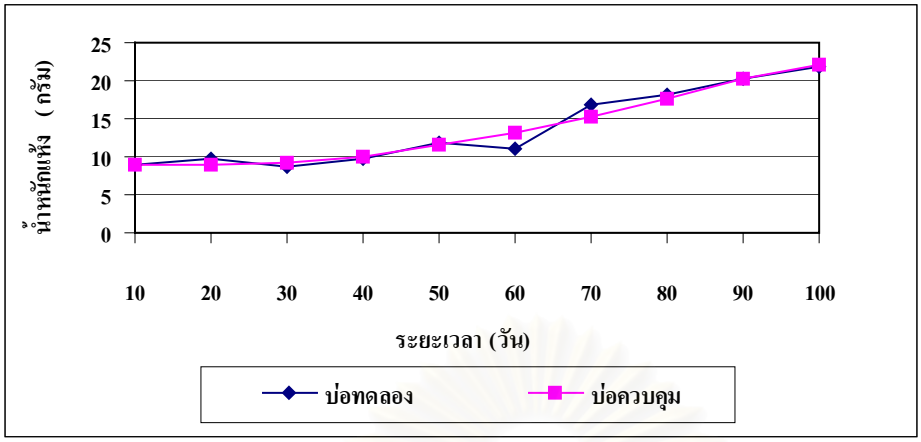


ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร

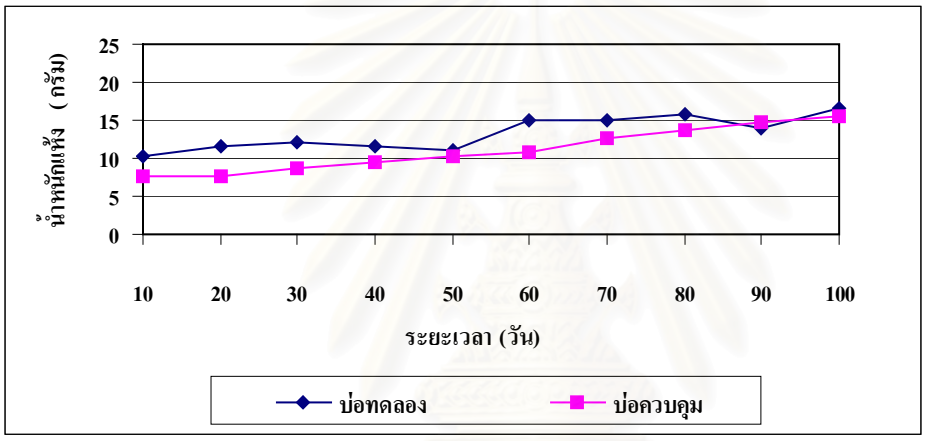


รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งระหว่างหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีใน ในบ่อทดลองกับบ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ

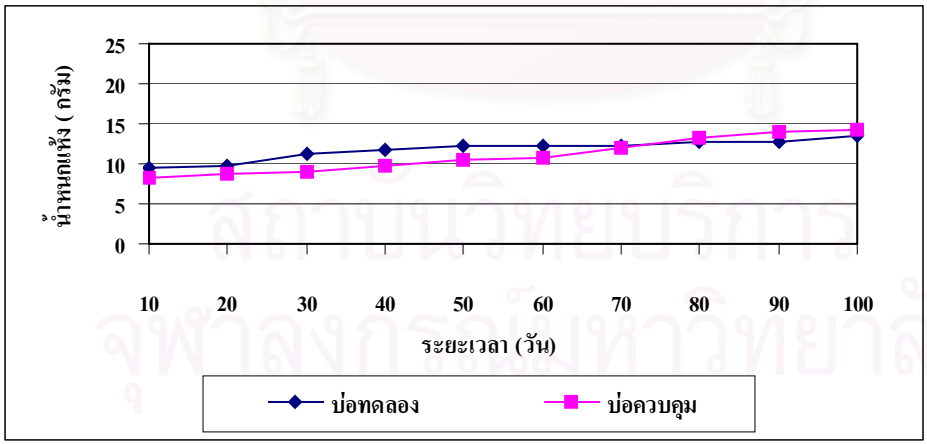
ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร



ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร



ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร



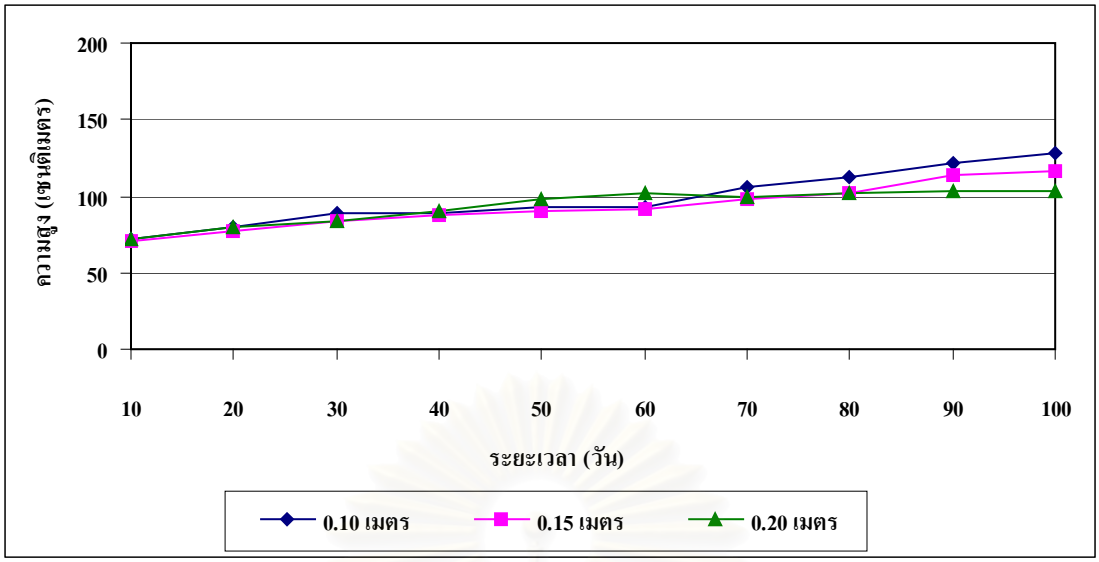
รูปที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งระหว่างหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ในบ่อทดลองกับบ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ

โดยสรุปหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ มีค่าน้ำหนักแห้งของส่วนใบมากกว่าส่วนราก เนื่องมาจากหญ้าแฝกเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตโดยการเพิ่มมวลชีวภาพส่วนยอดได้สูง ประกอบกับในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นไม่ได้มีพื้นที่จำกัดในส่วนยอดของหญ้าแฝก จึงทำให้มีการเพิ่มมวลชีวภาพในส่วนใบได้ดี ส่วนด้านการเจริญเติบโตในส่วนรากของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ในพื้นที่ชุ่มน้ำมีข้อจำกัดในด้านพื้นที่ จึงทำให้มีการเพิ่มมวลชีวภาพในส่วนรากได้ไม่ดี และยังพบว่าหญ้าแฝกที่ปลูกในบ่อทดลองที่ระดับน้ำเสีย 0.10 0.15 และ 0.20 เมตร มีการเพิ่มน้ำหนักแห้งทั้งส่วนใบ และส่วนรากได้ดีเช่นเดียวกับหญ้าแฝกที่ปลูกในบ่อควบคุม ที่ระดับน้ำเสียต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น นอกจากนี้ยังพบว่า หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีน้ำหนักแห้งมากกว่าหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ทุกระดับน้ำเสียทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ลักษณะโครงสร้างที่แตกต่างกันของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ ซึ่งลักษณะใบ ของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีพื้นใบกลวง มีขนาดช่องอากาศใหญ่ ส่วนรากมีขนาดเส้นเล็ก และมีโพรงอากาศขนาดใหญ่ ในขณะที่ลักษณะใบของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีเซลล์ผนังหนา และแข็ง รากมีขนาดใหญ่ลักษณะอวบน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (ดุษลักษณ์, 2543) ศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ในการกำจัดสารหนูในดินที่ระดับความเข้มข้น 0 50 75 100 125 และ 150 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัมดิน ซึ่งพบว่าหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีน้ำหนักแห้งส่วนใบ และส่วนรากมากกว่าหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี เช่นกัน

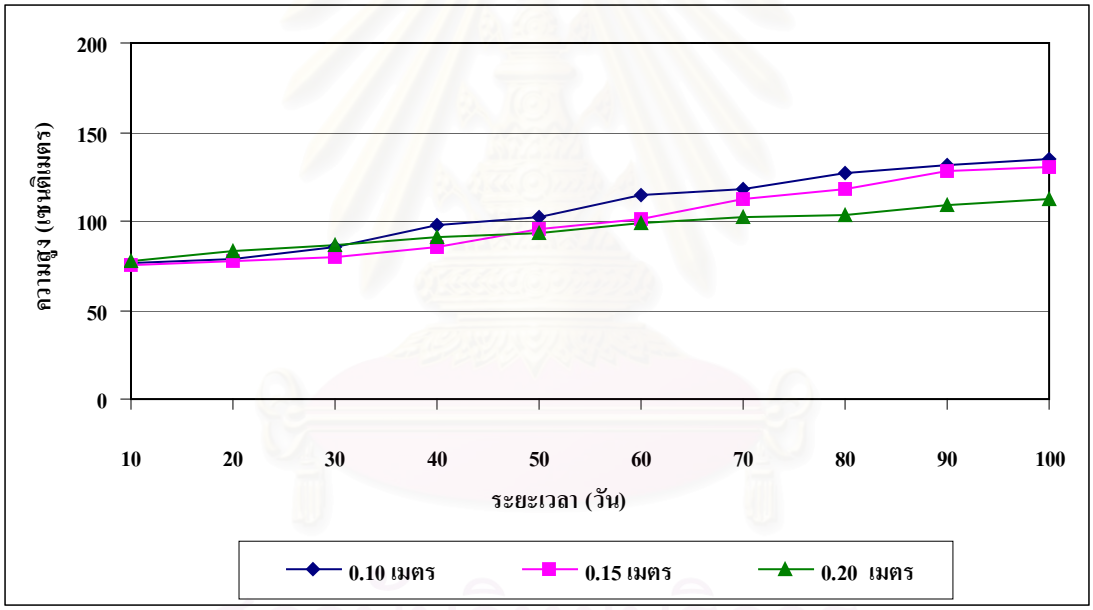
4.2.2 ความสูง

ความสามารถในการเจริญเติบโตด้านความสูงของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ ศึกษาโดยการวัดความสูง เปรียบเทียบกันระหว่างบ่อทดลองกับควบคุมซึ่งไม่มีการน้ำเสีย ได้ผลดังนี้

หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีการเพิ่มความสูงตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น โดยมีอัตราการเพิ่มความสูงค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาการทดลอง 100 วัน ค่าเฉลี่ยความสูงเริ่มต้น ที่ระยะเวลา 10 วันแรกของการทดลอง ที่บ่อทดลองระดับน้ำเสีย 0.10 0.15 และ 0.20 เมตร เท่ากับ 71.51 71.00 และ 71.83 เซนติเมตร ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะเวลาการทดลองที่ 100 วัน เท่ากับ 128.30 116.40 และ 103.80 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยมีค่าสูงสุดที่บ่อทดลองระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร เท่ากับ 128.30 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.11 ส่วนในบ่อควบคุมค่าเฉลี่ยความสูงเริ่มต้น ที่ระยะเวลา 10 วันแรกของการทดลองในบ่อที่ระดับน้ำ 0.10 0.15 และ 0.20 เมตร เท่ากับ 76.17 75.50 และ 77.03 เซนติเมตร ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะเวลาการทดลองที่ 100 วัน เท่ากับ 134.57 130.57 และ 112.77 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยมีค่าสูงสุดที่บ่อควบคุมที่ระดับน้ำ 0.10



รูปที่ 4.11 ความสูงของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ



รูปที่ 4.12 ความสูงของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีบ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ

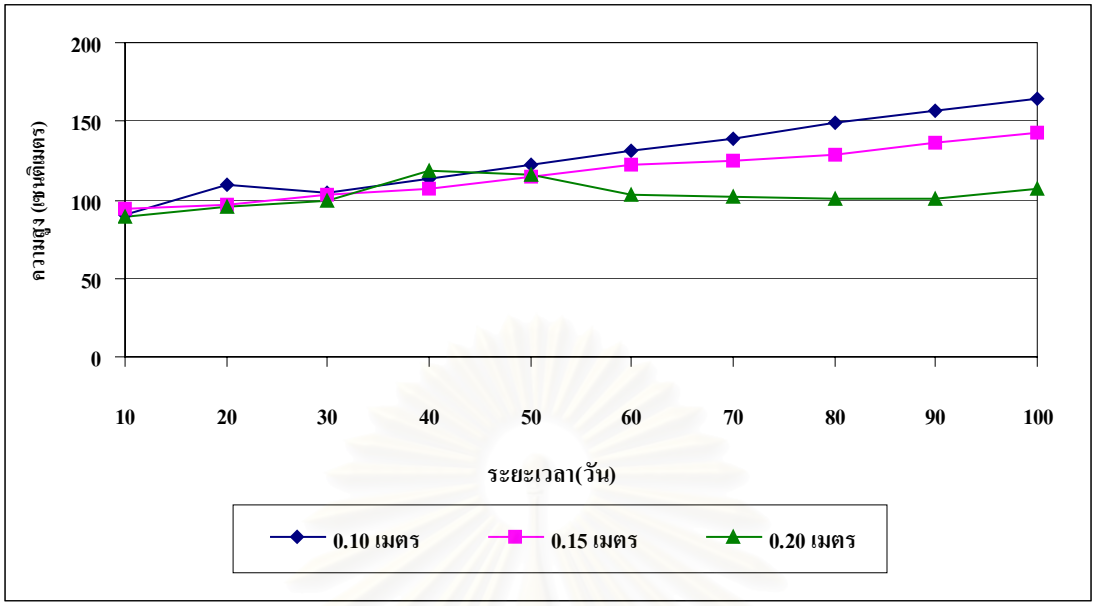
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมตร เท่ากับ 134.57 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.12 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า ค่าเฉลี่ยความสูงที่ระดับน้ำต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข.5 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของค่าเฉลี่ยความสูงของบ่อทดลองกับบ่อควบคุม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ทุกระดับน้ำ ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข.6

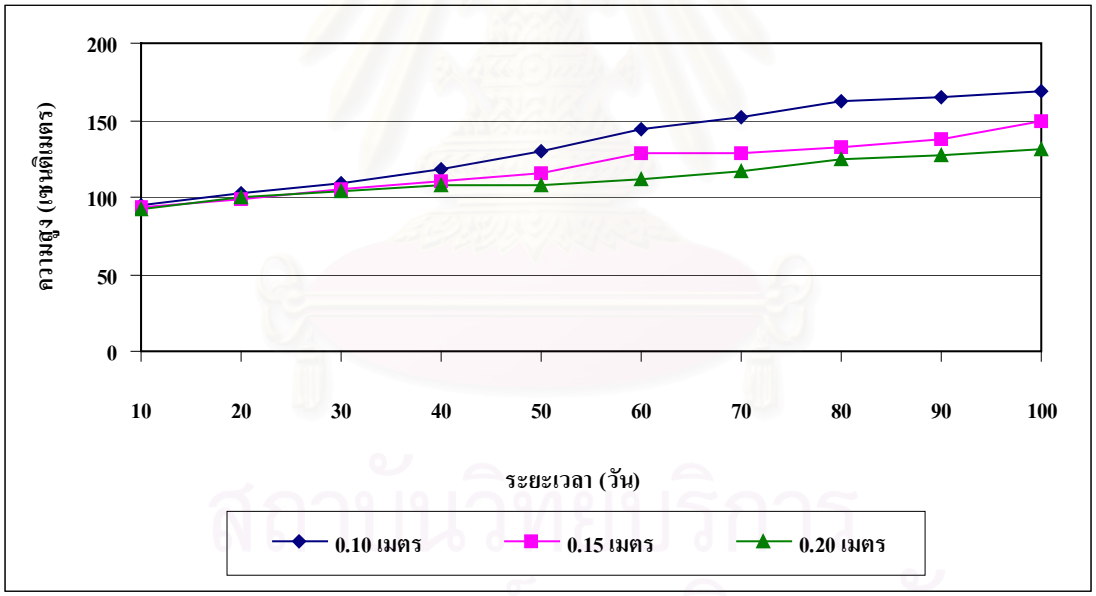
เมื่อพิจารณาความสูงของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีการเพิ่มความสูงตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น โดยมีอัตราการเพิ่มความสูงค่อนข้างสม่ำเสมอ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 100 วัน ค่าเฉลี่ยความสูงเริ่มต้นที่ระยะเวลา 10 วันแรกของการทดลองที่บ่อทดลองระดับน้ำเสีย 0.10 0.15 และ 0.20 เมตร เท่ากับ 90.13 94.20 และ 89.07 เซนติเมตร ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะเวลาการทดลองที่ 100 วัน เท่ากับ 163.70 142.10 และ 127.43 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยมีค่าสูงสุดที่บ่อทดลองระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร เท่ากับ 163.70 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.13 ส่วนในบ่อควบคุมค่าเฉลี่ยความสูงเริ่มต้น ที่ระยะเวลา 10 วันแรกของการทดลองในบ่อที่ระดับน้ำ 0.10 0.15 และ 0.20 เมตร เท่ากับ 95.13 93.60 และ 92.30 เซนติเมตร ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะเวลาการทดลองที่ 100 วัน เท่ากับ 168.67 149.63 และ 130.77 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยมีค่าสูงสุดที่บ่อควบคุมที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร เท่ากับ 168.67 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.14 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าค่าเฉลี่ยความสูงที่ระดับน้ำต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข.7 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของค่าเฉลี่ยความสูงของบ่อทดลองกับบ่อควบคุม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ทุกระดับน้ำ ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข.8

เมื่อเปรียบเทียบความสูงระหว่างหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ พบว่าที่ทุกระดับน้ำต่างๆ หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีค่าความสูงมากกว่าหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี โดยมีค่าความสูงสูงสุดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ที่บ่อทดลองระดับน้ำ 0.10 เมตร เท่ากับ 163.70 เซนติเมตร ในขณะที่หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีค่าความสูงสูงสุดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ที่บ่อทดลองระดับน้ำ 0.10 เมตร เท่ากับ 128.30 เซนติเมตร และเมื่อเปรียบเทียบค่าความสูงของบ่อทดลองกับบ่อควบคุม ที่ระดับความลึกต่าง ๆ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.15 และ 4.16 โดยหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีค่าความสูงมากกว่าหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ทุกระดับน้ำ

จากการที่หญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์มีการเพิ่มความสูงมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการปลูกนานขึ้นนั้น เป็นการแสดงถึงความสามารถในการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ในระดับ

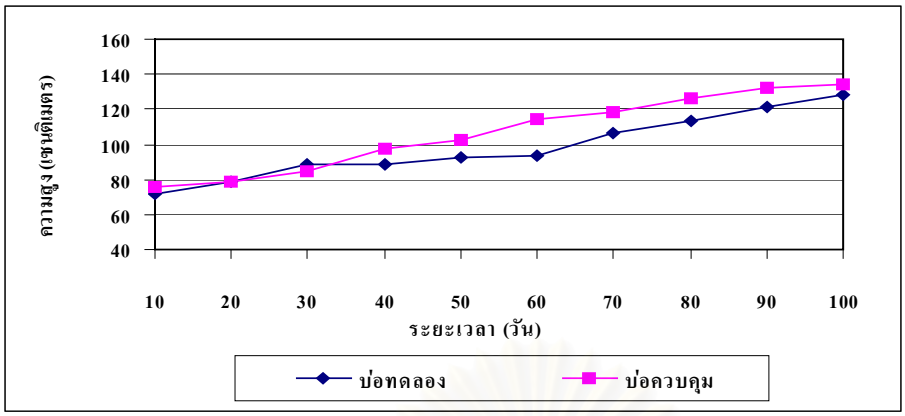


รูปที่ 4.13 ความสูงทั้งต้นของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์บ่อทดลอง ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ

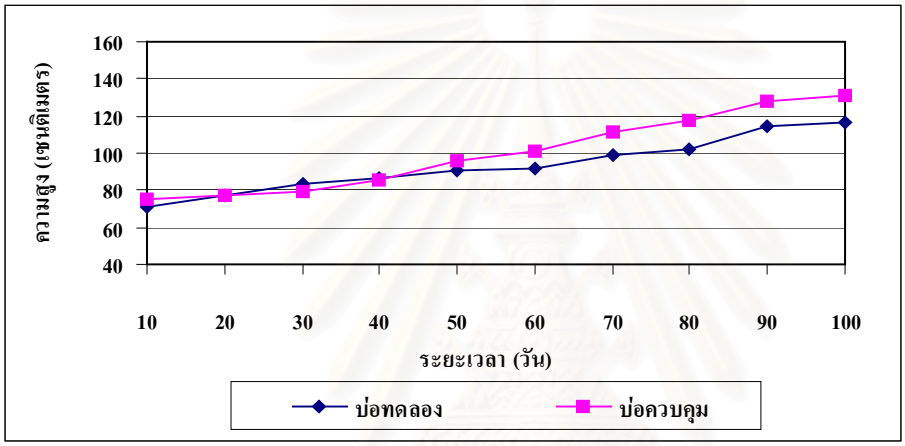


รูปที่ 4.14 ความสูงทั้งต้นของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์บ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ

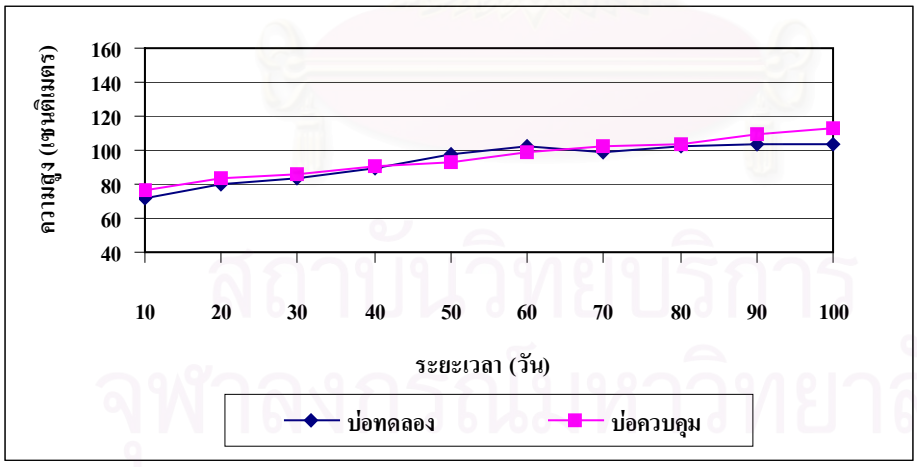
ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร



ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร

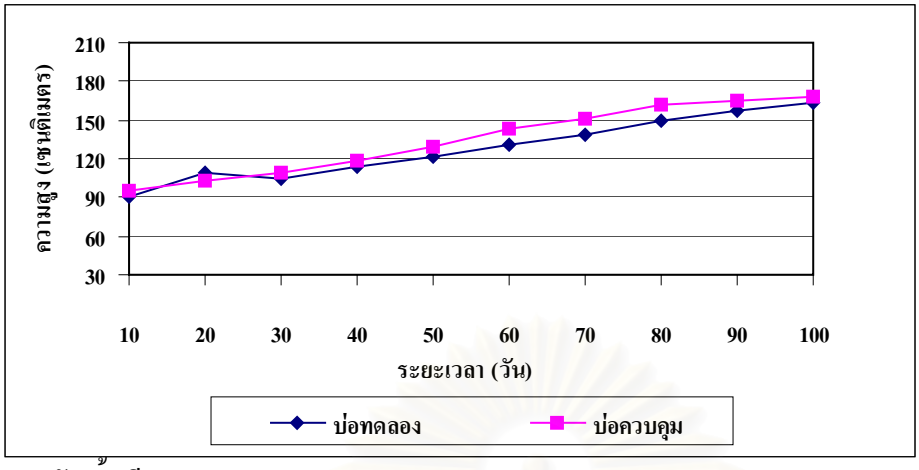


ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร

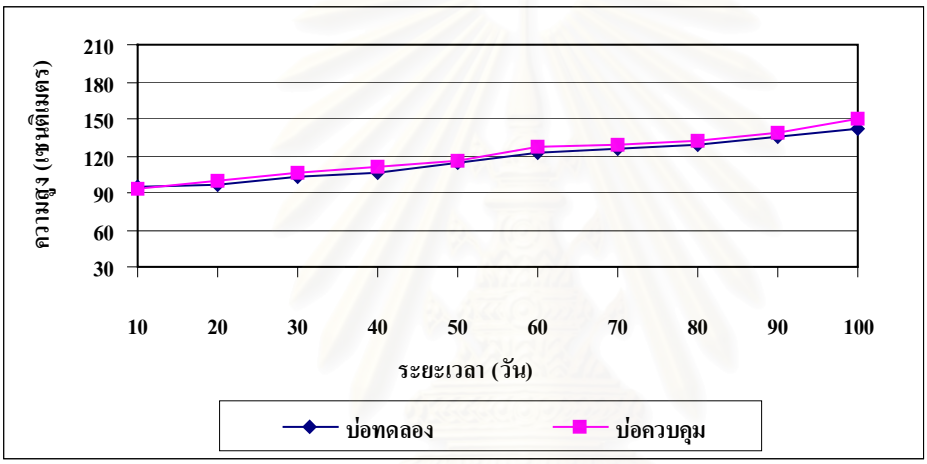


รูปที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบความสูงระหว่างหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีในบ่อทดลอง กับบ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ

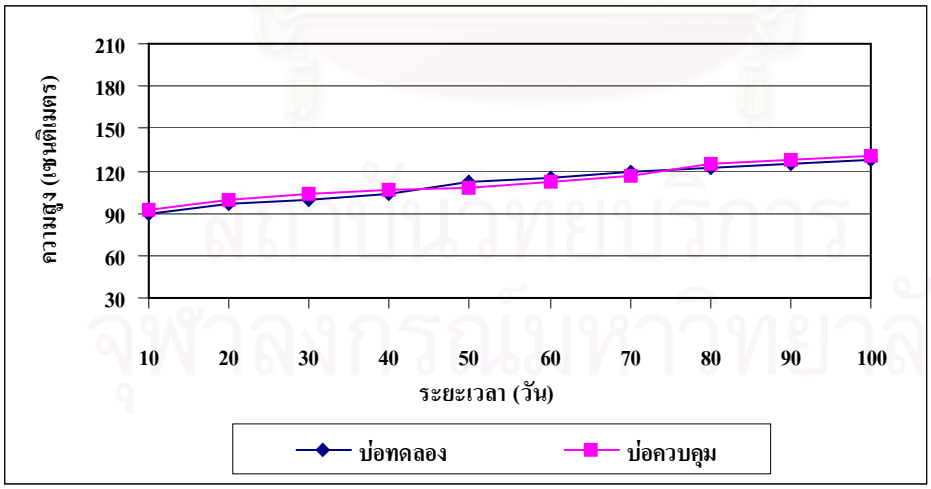
ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร



ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร



ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร



รูปที่ 4.16 กราฟเปรียบเทียบความสูงระหว่างหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ในบ่อทดลองกับบ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ

น้ำเสียต่าง ๆ ได้ดีเช่นเดียวกับหญ้าแฝกที่ปลูกในบ่อควบคุมไม่ใส่น้ำเสีย ที่ระดับน้ำต่าง ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหญ้าแฝกมีคุณสมบัติทนต่อน้ำท่วมขัง และหญ้าแฝกยังมีความสามารถทนต่อความเป็นพิษของโครเมียมได้สูง ที่ระดับความเข้มข้น 600 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัมดิน นอกจากนี้ยังพบว่าหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีการเพิ่มความสูงมากกว่าหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี อาจเนื่องมาจากหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีลักษณะการเจริญเติบโตเป็นพุ่ม ใบยาวตั้งตรง แผ่ออกทางด้านข้าง ในขณะที่หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีนั้นลักษณะใบโค้งลง และใบแตกจากโคนกอโดยรอบ และจากการศึกษาของ เฉลียว จีระจรรยา และคณะ (2540) ซึ่งศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์นี้ในดินร่วนปนทราย พบว่าหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีความสูงมากกว่าหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี เช่นเดียวกับการศึกษาของดุษลักษณ์ (2543) ศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ ในการกำจัดสารหนูที่ปนเปื้อนในดิน ก็พบว่า หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีความสูงมากกว่าหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี เช่นกัน

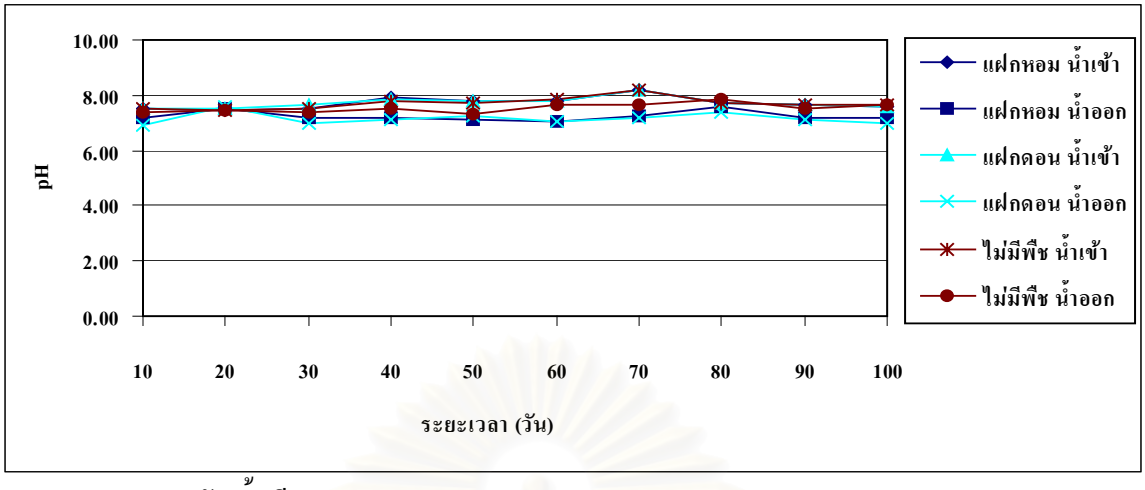
4.3 คุณภาพน้ำเสียในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น

4.3.1 ความเป็นกรด – ด่าง (pH)

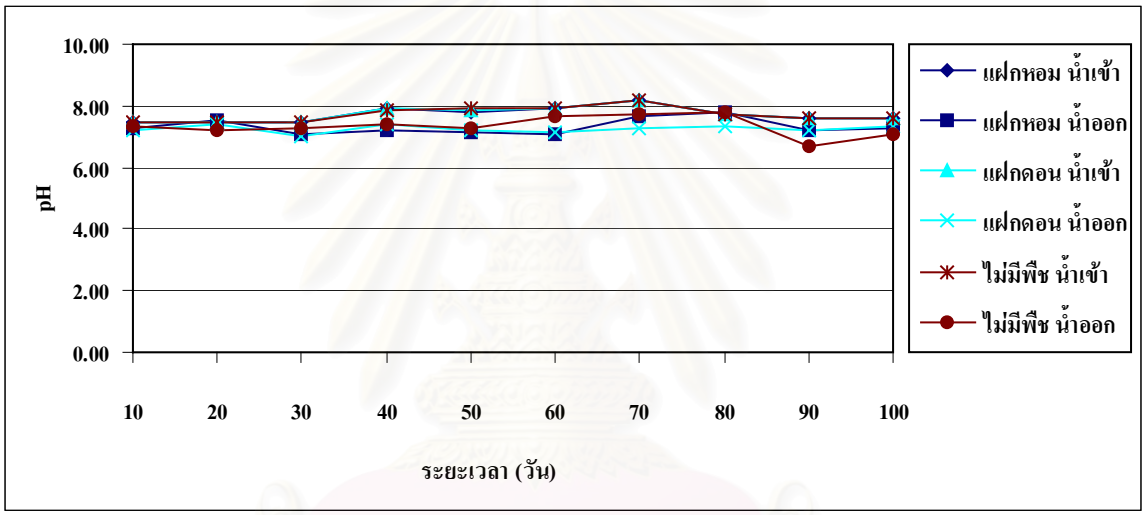
ผลการศึกษาการตรวจวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง ของน้ำเข้า และน้ำออกของบ่อทดลอง และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืชที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร ในช่วงการทดลอง พบว่า ค่าความเป็นกรด – ด่าง ของน้ำเข้าในบ่อทดลอง มีค่า เท่ากับ 7.43 ถึง 8.17 ค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำเข้าในบ่อทดลอง 0.15 เมตร และ 0.20 เมตร อยู่ระหว่าง 7.44 ถึง 8.18 และ 7.43 ถึง 8.13 ตามลำดับ ส่วนค่าความเป็นกรด- ด่าง ของน้ำที่ผ่านการบำบัดจากพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร 0.15 เมตร และ 0.20 เมตร อยู่ระหว่าง 6.94 ถึง 7.85 6.71 ถึง 8.45 และ 6.97 ถึง 8.25 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าความเป็นกรด – ด่าง ของน้ำออกจากบ่อทดลองต่าง ๆ มีค่าสูงกว่าน้ำเข้าเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 4.17

จากการศึกษาจะเห็นว่า ค่าความเป็นกรด – ด่าง ของน้ำออกมีค่าสูงกว่าน้ำเข้า ทั้งนี้เนื่องจากค่าความเป็นกรด–ด่าง ของน้ำถูกควบคุมโดยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และคาร์บอเนต และจากการนำน้ำเสียเข้าสู่ระบบทดลองเท่ากับเป็นการเพิ่มธาตุอาหารทำให้แพลงค์ตอนพืชเจริญเติบโตได้ดี มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูง อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลทำให้สมดุลของคาร์บอเนตเปลี่ยนไปค่าความเป็นกรด- ด่าง ของน้ำจึงเพิ่ม

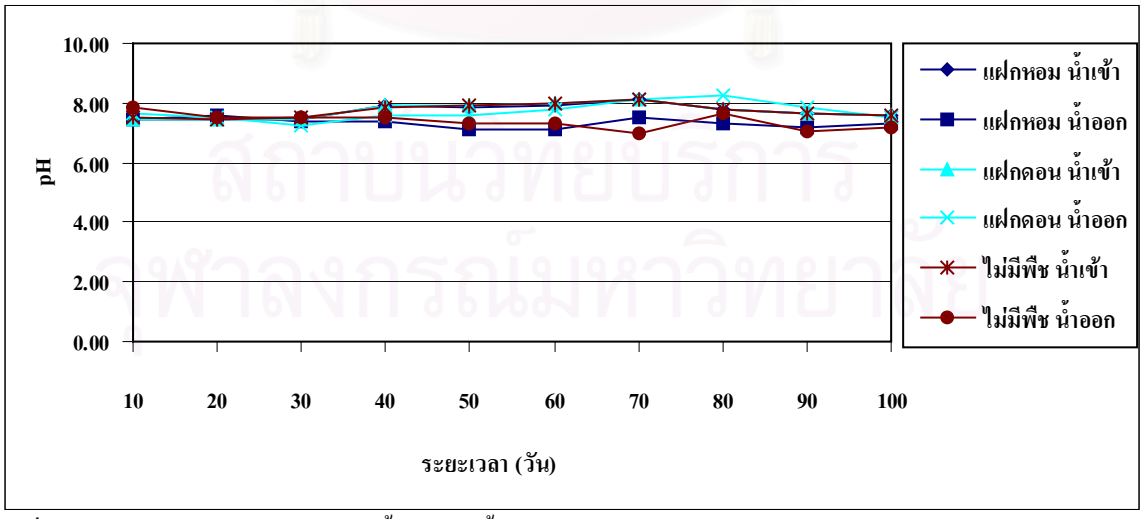
ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร



ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร

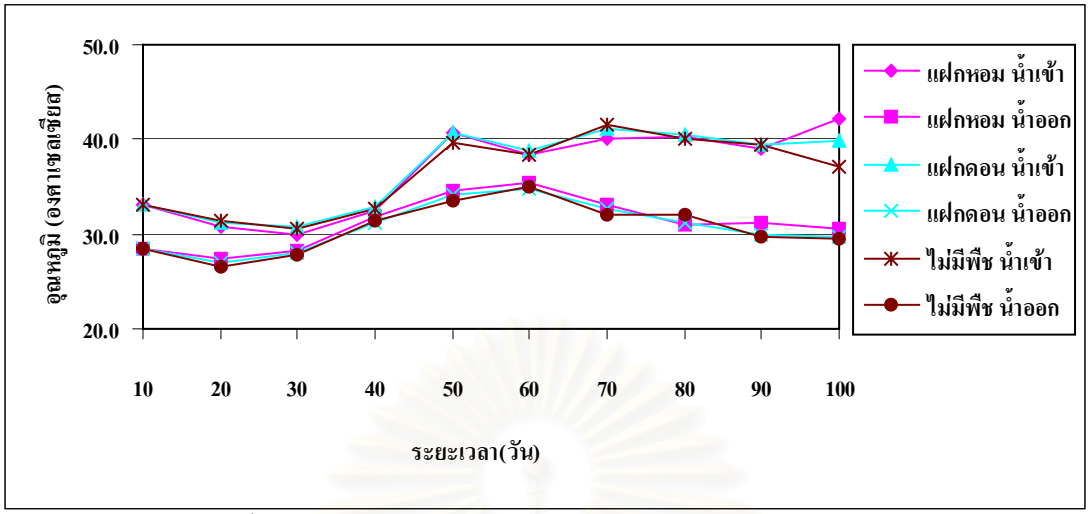


ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร

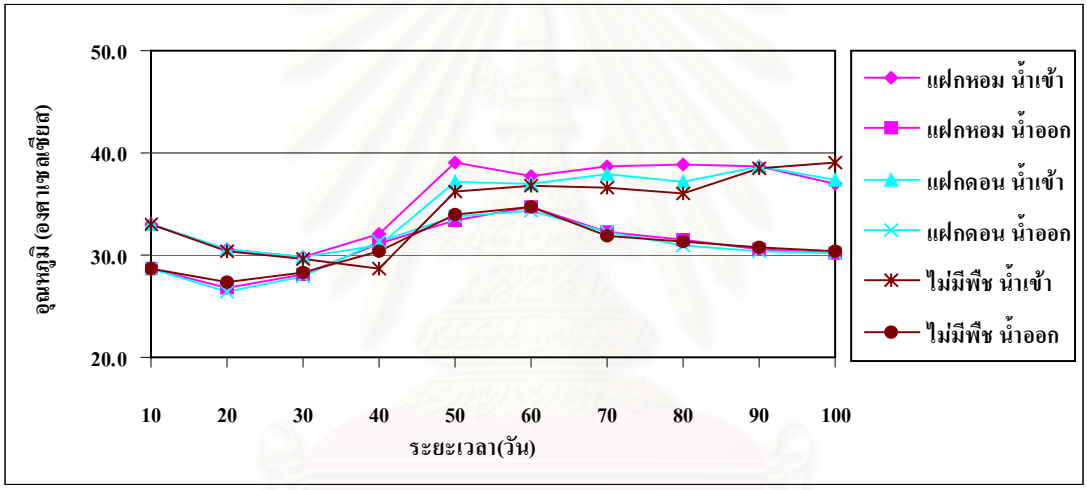


รูปที่ 4.17 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำเข้าและน้ำออกจากบ่อทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง

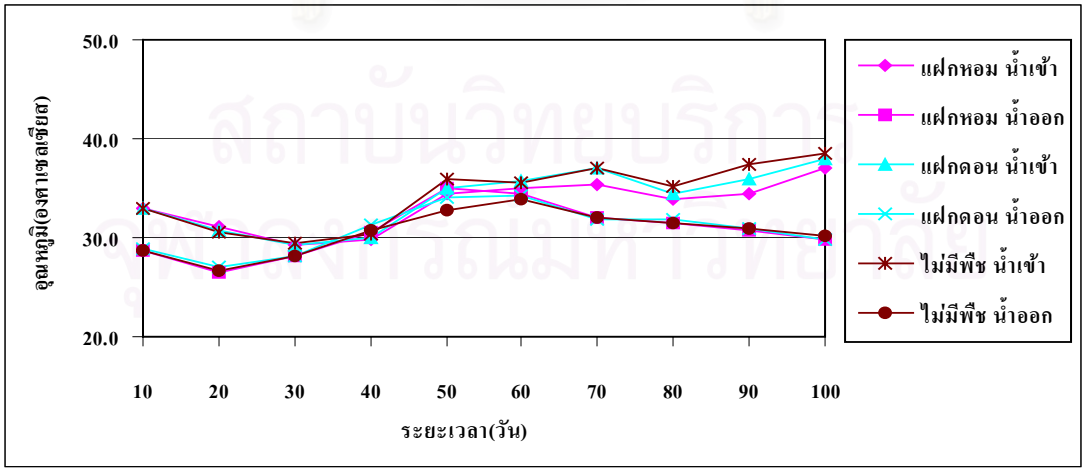
ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร



ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร



ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร



รูปที่ 4.18 แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำเข้า และน้ำออก ของบ่อทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง

ขึ้น (Kadlec และ Knight, 1995) และนอกจากนี้ การละลายของแร่ธาตุต่าง ๆ ที่อยู่ในดิน ก็อาจมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด – ด่าง เพิ่มขึ้น

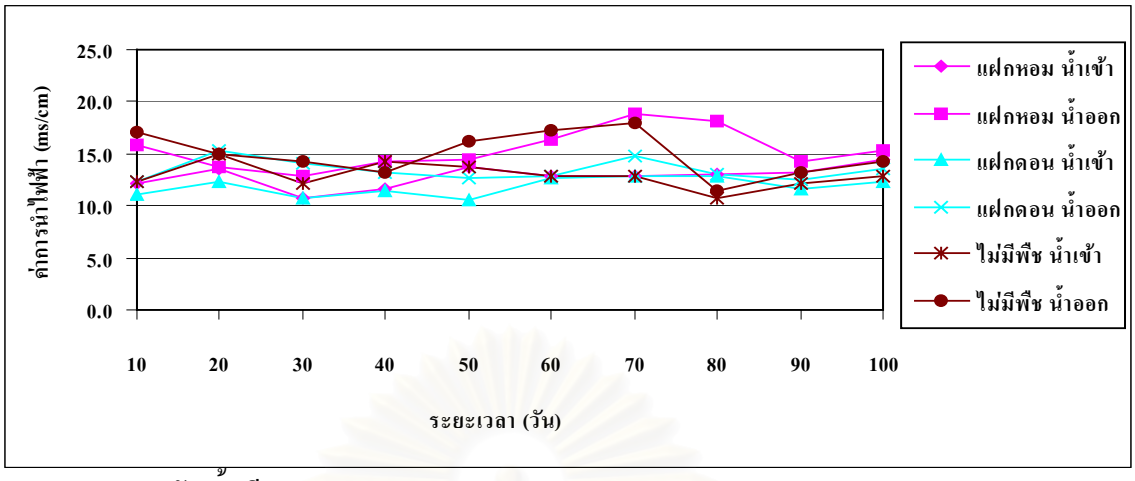
4.3.2 อุณหภูมิ (Temperature)

ผลการศึกษาอุณหภูมิของน้ำเข้า น้ำออกจากบ่อทดลอง และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร ในช่วงการทดลอง พบว่าอุณหภูมิของน้ำเข้าในบ่ออยู่ในช่วงระหว่าง 30.0 ถึง 42.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของน้ำเข้าในบ่อทดลอง 0.15 เมตร และ 0.20 เมตร อยู่ในช่วงระหว่าง 28.7 ถึง 39.1 องศาเซลเซียส และ 29.2 ถึง 38.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สำหรับอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยที่ออกจากพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร 0.15 เมตร และ 0.20 เมตร พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 26.9 ถึง 35.5 องศาเซลเซียส 26.5 ถึง 34.8 องศาเซลเซียส และ 26.4 ถึง 35.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.18 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของน้ำเข้า และน้ำออกจากบ่อทดลองที่วัดได้นั้นมีความแตกต่างกัน โดยเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำเข้ามีค่าสูงกว่าน้ำออก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการกักเก็บ และอุณหภูมิของอากาศในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง

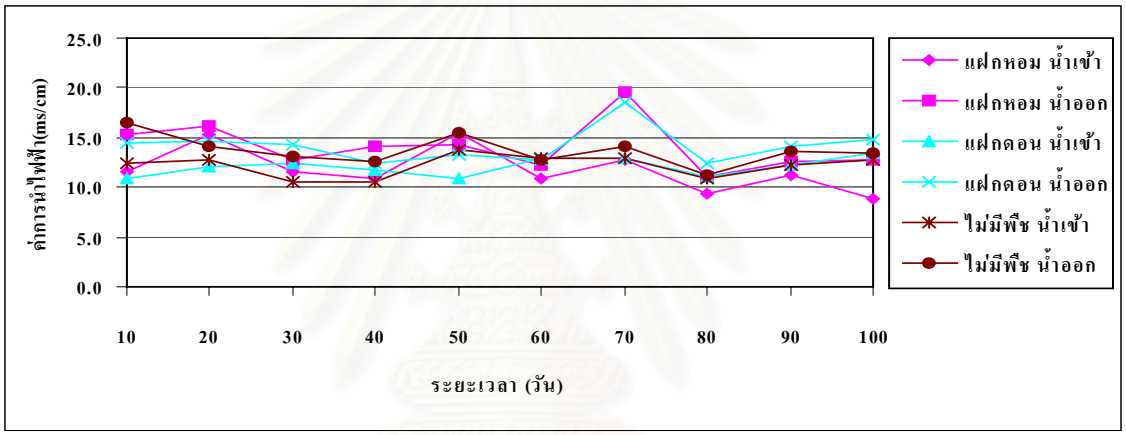
4.3.3 การนำไฟฟ้า (Conductivity)

ผลการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าของน้ำของน้ำเข้าบ่อทดลองต่าง ๆ ของการกักเก็บในพื้นที่ชุ่มน้ำ ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเข้าบ่อทดลองต่าง ๆ คือ หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.8 12.0 และ 12.2 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ตามลำดับ และในน้ำเข้าของบ่อทดลอง 0.15 เมตร ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเข้าบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืชมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.2 12.3 และ 12.3 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ตามลำดับ ค่าการนำไฟฟ้าของบ่อทดลอง 0.20 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.8 11.9 และ 12.9 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร และในน้ำออกของบ่อทดลองที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร 0.15 และ 0.20 เมตร ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำออกบ่อทดลองต่าง ๆ คือ หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.1 14.2 และ 13.7 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตรตามลำดับ ที่ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าของน้ำออกจากบ่อทดลองต่าง ๆ เท่ากับ 13.7 14.2 และ 14.6 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร ตามลำดับ และในบ่อทดลอง ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.4 13.5 และ15.0 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตรตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่า

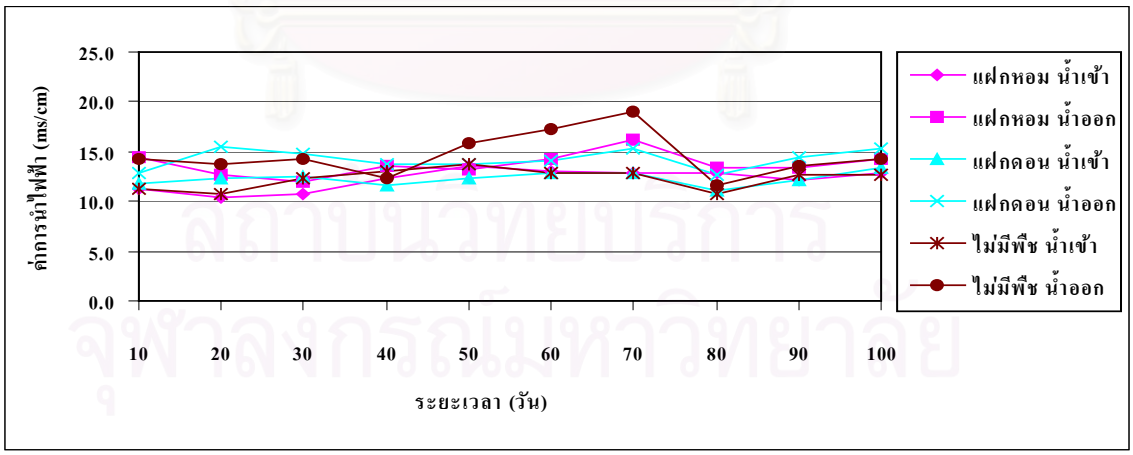
ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร



ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร

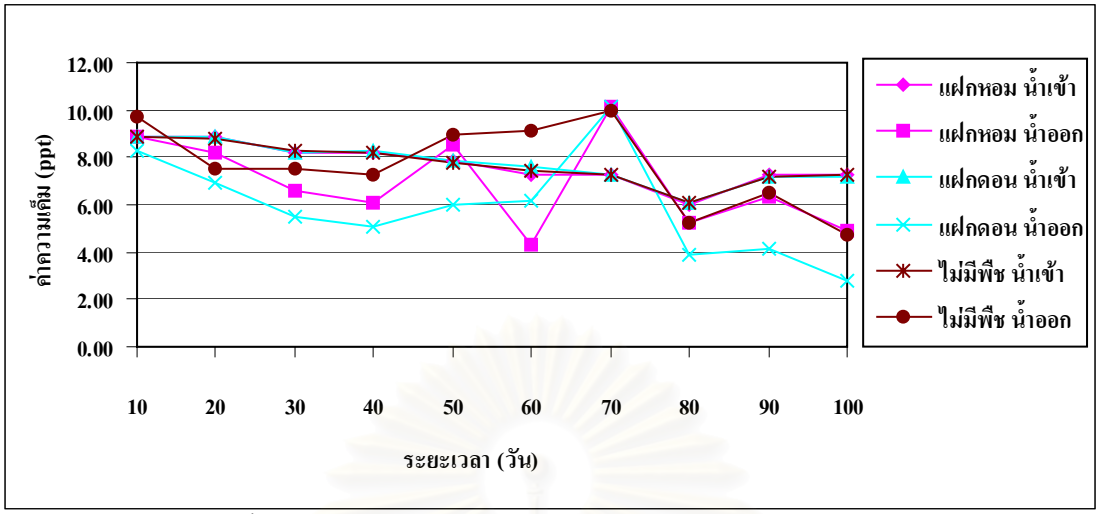


ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร

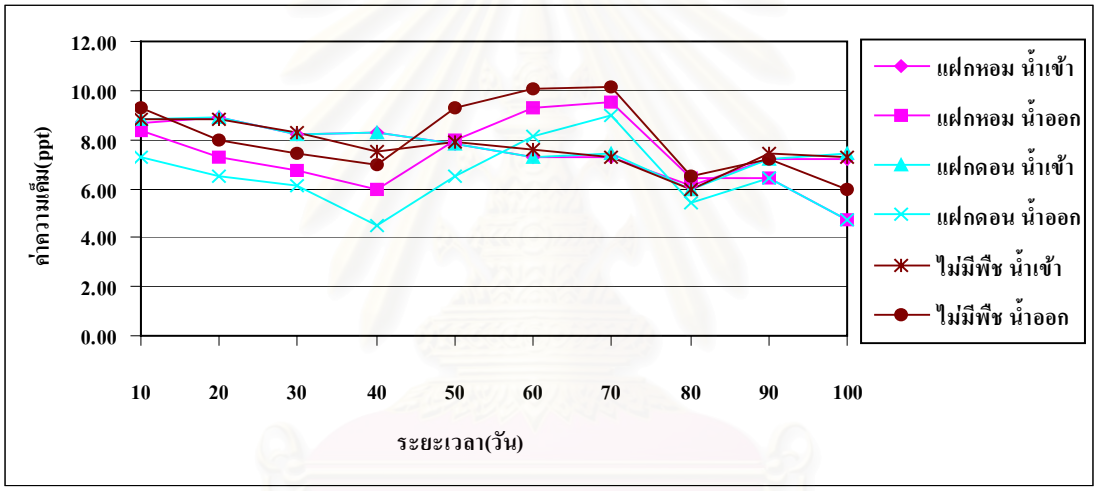


รูปที่ 4.19 แสดงค่าการนำไฟฟ้าน้ำเข้า และน้ำออกของบ่อทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง

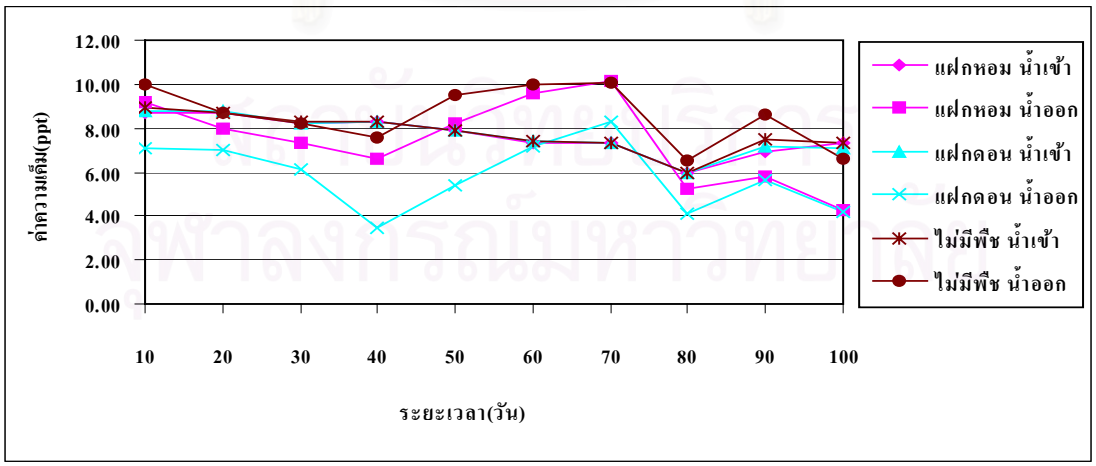
ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร



ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร



ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร



รูปที่ 4.20 แสดงค่าความเค็มน้ำเข้า และน้ำออกของบ่อทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลอง

การนำไฟฟ้าของน้ำเข้าจะมีค่าโดยเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำออกทุกบ่อทดลอง และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช ที่ทุกระดับน้ำเสีย ดังแสดงในรูปที่ 4.19

การที่ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำออกสูงกว่าน้ำเข้า แสดงว่าปริมาณไอออน (ion) ภายในน้ำมีค่าเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ ค่าการนำไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับปริมาณสารละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรด – ด่าง อุณหภูมิ และความเค็มของน้ำ เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ ข้างต้น จะเป็นตัวควบคุมการแตกตัวของสารประกอบอนินทรีย์ ต่าง ๆ เช่นกรดอนินทรีย์ ด่าง และเกลือ ถ้าค่าความเป็นกรด – ด่าง และอุณหภูมิสูง ค่าการนำไฟฟ้าก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

4.3.4 ความเค็ม (Salinity)

จากผลการศึกษาค่าความเค็มของน้ำเข้าบ่อทดลองต่าง ๆ ของการกักเก็บในพื้นที่ชุ่มน้ำที่ระดับน้ำน้ำเสีย 0.10 0.15 และ 0.20 เมตร จะเห็นว่าค่าความเค็มของน้ำเข้าและน้ำออกจากบ่อทดลองที่วัดได้นั้นไม่มีความแตกต่างกันมากนักในระหว่างครั้งที่ทำการการทดลองครั้งแรก วันที่ 4 มีนาคม 2544 จนถึงครั้งที่ 7 วันที่ 27 เมษายน 2544 โดยค่าความเค็มของน้ำเข้า มีค่าระหว่าง 7.30 ถึง 8.90 ppt ส่วนค่าความเค็มของน้ำออกในทุกบ่อการทดลองจะเริ่มลดลง มีค่าอยู่ระหว่าง 2.80 ถึง 8.60 ppt ดังแสดงในรูปที่ 4.20 อาจเนื่องมาจากเป็นช่วงเริ่มต้นฤดูฝนจึงทำให้มีการเจือจางน้ำเสียที่เข้าสู่บ่อการทดลองทำให้มีค่าความเค็มต่ำลง

4.4 ประสิทธิภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำในการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอย (TSS)

ผลการศึกษาที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร

ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเข้าบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีค่าระหว่าง 57 ถึง 84 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีค่าระหว่าง 41 ถึง 78 มิลลิกรัมต่อลิตร และในบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช มีค่าระหว่าง 34 ถึง 81 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำออกบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช มีค่าระหว่าง 7 ถึง 12 9 ถึง 20 และ 11 ถึง 23 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

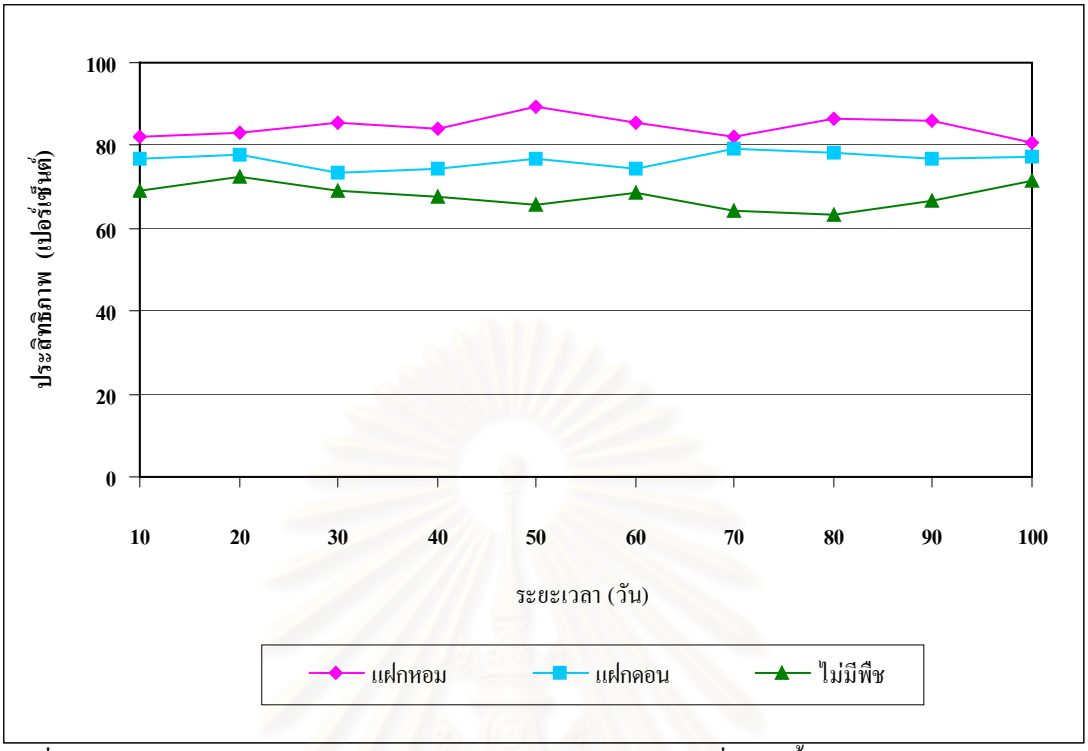
ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเข้า และน้ำออกในบ่อทดลองต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง mg/l)

ระยะเวลา	ระดับน้ำ 0.10 เมตร						ระดับน้ำ 0.15 เมตร						ระดับน้ำ 0.20 เมตร					
(วัน)	แฝกหอม		แฝกดอน		ไม่มีพืช		แฝกหอม		แฝกดอน		ไม่มีพืช		แฝกหอม		แฝกดอน		ไม่มีพืช	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
10	68	12	69	16	74	23	80	21	76	29	76	27	71	15	65	23	80	36
20	59	10	63	14	62	17	63	15	62	19	64	25	67	13	58	18	65	31
30	63	9	68	18	58	18	58	12	34	10	59	20	75	11	59	21	49	24
40	57	9	51	13	34	11	64	16	64	23	51	20	57	12	40	15	62	28
50	66	7	65	15	58	20	74	18	69	22	68	22	65	17	58	20	71	33
60	69	10	78	20	64	20	70	18	50	18	57	18	56	13	41	14	57	23
70	62	11	67	14	56	20	54	11	48	16	56	17	59	15	54	17	62	28
80	59	8	41	9	38	14	41	12	31	10	38	13	65	16	40	14	52	25
90	72	10	65	15	63	21	63	15	62	19	68	21	59	13	58	22	68	28
100	84	11	75	17	81	23	69	16	77	22	119	42	67	13	87	30	78	37
Average	66	10	64	15	59	19	64	15	57	19	66	23	64	14	56	19	64	29
Maximum	84	12	78	20	81	23	80	21	77	29	119	42	75	17	87	30	80	37
Minimum	57	7	41	9	34	11	41	11	31	10	38	13	56	11	40	14	49	23
SD	8.01	1.49	10.89	3.00	14.28	3.83	10.97	3.13	16.12	5.83	21.50	7.91	6.26	1.87	14.16	4.95	10.23	4.85

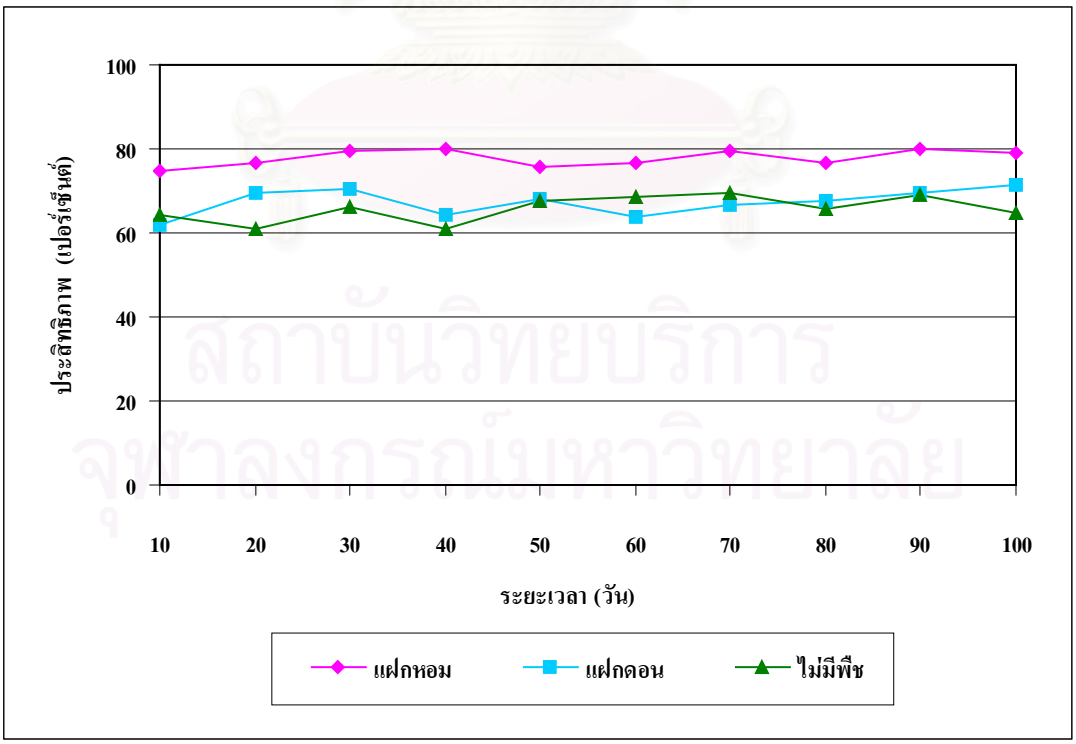
ตารางที่ 2 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยในบ่อทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เปอร์เซ็นต์)

ระยะเวลา	ระดับน้ำ 0.10 เมตร			ระดับน้ำ 0.15 เมตร			ระดับน้ำ 0.20 เมตร		
(วัน)	แฝกหอม	แฝกดอน	ไม่มีพืช	แฝกหอม	แฝกดอน	ไม่มีพืช	แฝกหอม	แฝกดอน	ไม่มีพืช
10	82.35	76.81	68.92	75.00	61.84	64.47	74.87	64.61	57.14
20	83.05	77.78	72.58	76.89	69.35	60.93	76.06	68.96	52.31
30	85.71	73.53	68.96	79.31	70.59	66.10	75.33	64.40	51.02
40	84.21	74.51	67.65	80.03	64.06	60.78	78.94	62.50	54.84
50	89.39	76.92	65.52	75.68	68.11	67.65	73.84	62.07	53.52
60	85.51	74.36	68.75	76.53	64.00	68.42	76.78	65.85	59.65
70	82.27	79.10	64.28	79.63	66.67	69.64	74.58	68.52	54.84
80	86.44	78.05	63.16	76.73	67.74	65.79	74.60	65.00	51.92
90	86.11	76.92	66.67	80.19	69.35	69.11	77.97	62.07	58.82
100	80.90	77.33	71.60	78.81	71.43	64.71	76.59	65.52	52.57
Average	84.59	76.53	67.81	77.88	67.31	65.76	75.96	64.95	54.66
Maximum	89.39	79.10	72.58	80.19	71.43	69.64	78.94	68.96	59.65
Minimum	80.90	73.53	63.16	75.00	61.84	60.78	73.84	62.07	51.02
SD	2.53	1.80	3.00	1.92	3.14	3.13	1.63	2.43	2.99

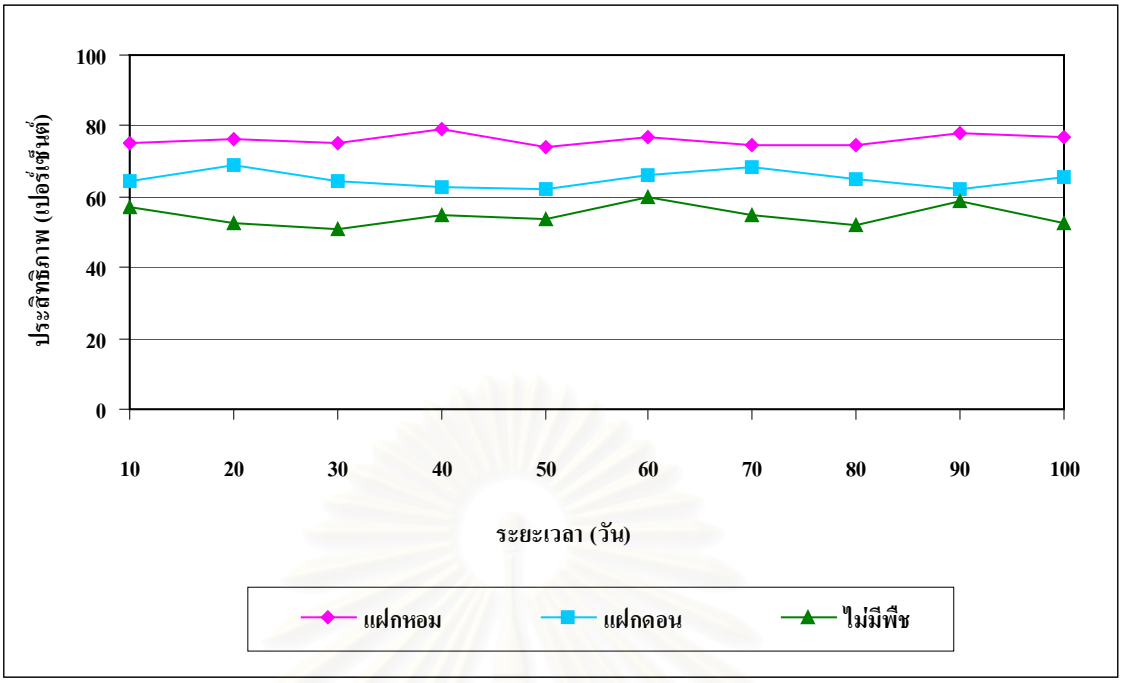
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



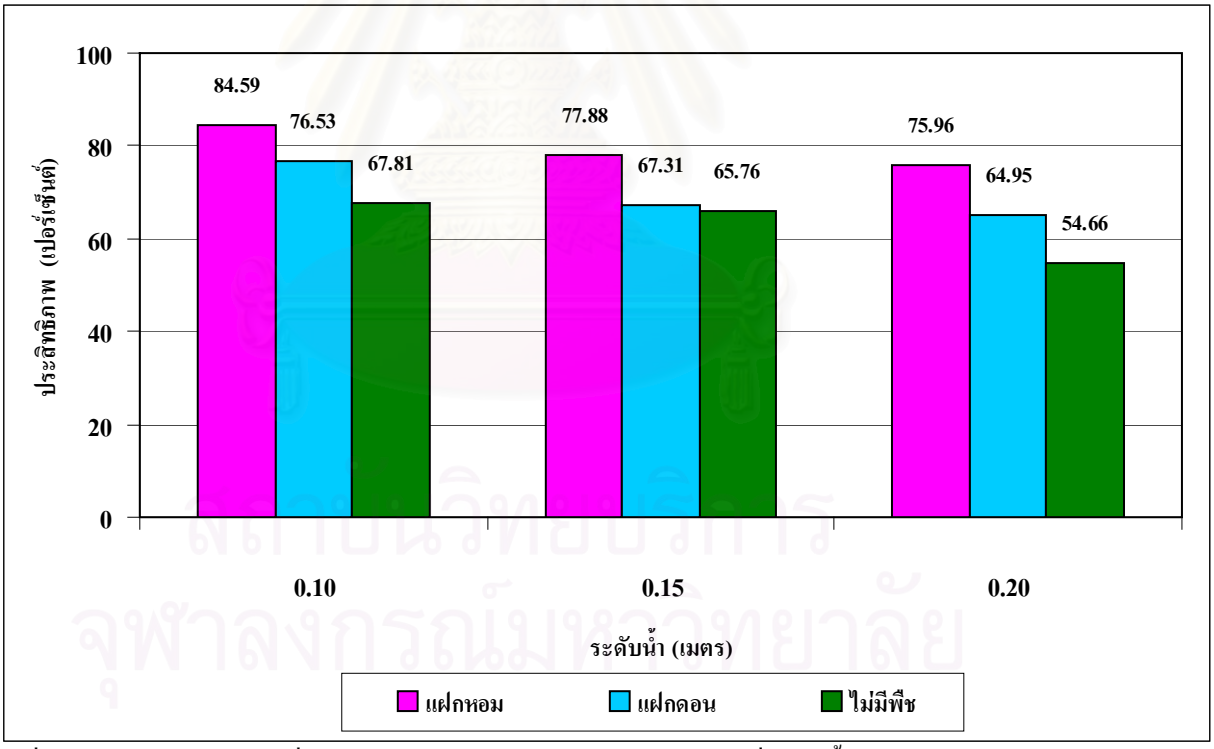
รูปที่ 4.21 ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยของบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง



รูปที่ 4.22 ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยของบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำ 0.15 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง



รูปที่ 4.23 ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยของบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำ 0.20 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง



รูปที่ 4.24 ประสิทธิภาพเฉลี่ยการกำจัดของแข็งแขวนลอย ของบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำเสีย 3 ระดับตลอดระยะเวลาการทดลองที่ 100 วัน

ผลการศึกษาประสิทธิภาพเฉลี่ยการกำจัดของแข็งแขวนลอยในบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช ดังแสดงในรูปที่ 4.24 มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยที่ 84.59 76.53 และ 67.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยแตกต่างกันที่ทุกบ่อทดลอง โดยบ่อทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ บ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ส่วนบ่อทดลองที่มีประสิทธิภาพต่ำสุด คือ บ่อควบคุมไม่ปลูกพืช ดังแสดงในภาคผนวก ข.10

ผลการศึกษาที่ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร

ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเข้าบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช มีค่าระหว่าง 41 ถึง 80 31 ถึง 77 และ 38 ถึง 119 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำออกบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช มีค่าระหว่าง 11 ถึง 21 10 ถึง 29 และ 13 ถึง 42 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ผลการศึกษาประสิทธิภาพเฉลี่ยการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอย พบว่า บ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีสามารถกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้สูงที่สุด คือ 77.88 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ บ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ 67.31 เปอร์เซ็นต์ และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืชมีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยต่ำสุด คือ 65.76 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.24 และจากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ กับบ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข.11

ผลการศึกษาที่ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร

ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเข้าบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช มีค่าระหว่าง 56 ถึง 75 40 ถึง 87 และ 49 ถึง 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำออกบ่อ

ของทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีค่าระหว่าง 11 ถึง 17 บ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีค่าระหว่าง 14 ถึง 30 และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช มีค่าระหว่าง 23 ถึง 37 มิลลิกรัมต่อลิตร

ผลการศึกษาประสิทธิภาพเฉลี่ยการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด พบว่า บ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 75.96 เปอร์เซ็นต์ ส่วนบ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และ บ่อควบคุมไม่ปลูกพืชมีปริมาณค่าเฉลี่ยเท่ากับ 64.95 และ 54.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.24 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยแตกต่างกันที่ทุกบ่อทดลอง ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข.12

ชนิดของพืช

ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข.13 ข.14 และ ข.15 สรุปได้ว่า ค่าประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอย ของบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยแตกต่างกันที่ทุกระดับน้ำเสีย ส่วนบ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ พบว่า ค่าประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทุกระดับน้ำเสีย และในบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยที่ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับบ่อทดลองที่ระดับน้ำเสีย 0.10 และ 0.15 เมตร

จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยระหว่างพืช และระดับน้ำเสีย พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 โดยบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร มีประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้สูงสุด เท่ากับ 84.59 เปอร์เซ็นต์ โดยรวมแล้วทุกบ่อที่ทำการทดลองมีประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะที่ทุกชนิดพืชที่ระดับน้ำเสีย 0.10 และ 0.15 เมตร มีประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยของบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีค่าสูงกว่าบ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืชที่ทุกระดับเสีย ซึ่งสอดคล้องกับ (Hammer และ Bastain, 1989) ที่ว่าบทบาทที่สำคัญของพืชที่ชุ่มน้ำแบบ (FWS) คือใบและลำต้นของพืชจะช่วย

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดระหว่างระดับน้ำ และชนิดพืช

ชนิดพืช	ระดับน้ำเสีย (เมตร)			F. prob	ระดับน้ำเสียที่เหมาะสม (เมตร)
	0.10	0.15	0.20		
หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี	$^{a}84.59^{a}$	$^{a}77.88^{b}$	$^{a}75.95^{c}$	30.825	0.10,0.15
หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์	$^{b}76.53^{a}$	$^{b}67.31^{b}$	$^{b}64.95^{c}$	58.268	0.10, 0.15
บ่อควบคุมไม่มีพืช	$^{c}67.81^{a}$	$^{b}65.76^{a}$	$^{c}54.66^{b}$	54.083	0.10, 0.15
F.prob	113.328	33.302	180.464		
ชนิดพืชที่เหมาะสม	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 1		

หมายเหตุ : ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

: ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างระดับน้ำ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

: กลุ่มที่ 1 = หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี กลุ่มที่ 2 = หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

: กลุ่มที่ 3 = บ่อควบคุมไม่ปลูกพืช

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กระจายการไหลของน้ำ และลดความเร็วของน้ำเข้า เป็นการช่วยกรองสารแขวนลอยได้ดี มีผลในการปรับปรุงคุณภาพน้ำได้ระดับขึ้น ซึ่งตามลักษณะโครงสร้างของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่มีการแตกแขนงของลำต้นทางด้านข้างมากกว่าหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ (กรมพัฒนาที่ดิน,2541) ทำให้ใบและลำต้นของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีสัมผัสกับน้ำเสียได้มาก เป็นการช่วยกรองสารแขวนลอยได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ (Summerfelt et al., 1991) ศึกษาการใช้พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นแบบไหลผ่านพื้นผิว (FWS) และแบบไหลผ่านใต้ผิวตัวกลาง (SF) มาบำบัดน้ำเสียชะมูลฝอย (leachate) โดยใช้หญ้าแฝกหอม *Vertiveria zizanioides* ในการกำจัดสารแขวนลอยพบว่าสามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ 96 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพื้นที่ชุ่มน้ำแบบไหลผ่านใต้ผิวตัวกลางสามารถลดค่าสารแขวนลอยได้ 98 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น พบว่า พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นที่มีการปลูกพืชมีประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ดีกว่าบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช ที่ทุกระดับน้ำเสีย ดังแสดงในรูปที่ 4.24

4.5 ประสิทธิภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำในการกำจัดโครเมียม

การศึกษาประสิทธิภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นในการกำจัดโครเมียม คำนวณจากปริมาณโครเมียมในน้ำเข้า และน้ำออกเป็นเปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษาที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร

ปริมาณโครเมียมในน้ำเข้าบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีค่าระหว่าง 0.195 ถึง 0.413 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช มีค่าระหว่าง 0.208 ถึง 0.384 0.195 ถึง 0.420 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ส่วนปริมาณโครเมียมในน้ำออกบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ บ่อควบคุมไม่ปลูกพืช มีค่าระหว่าง 0.014 ถึง 0.064 0.029 ถึง 0.057 และ 0.037 ถึง 0.083 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ผลการศึกษาประสิทธิภาพเฉลี่ยการกำจัดโครเมียมในบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช ดังแสดงในรูปที่ 4.28 มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 89.29 86.30 และ 80.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียม มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยแตกต่างกันที่ทุกบ่อการทดลอง โดยบ่อทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ บ่อทดลองหญ้า

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณโครเมียมในน้ำเข้า และน้ำออกในบ่อทดลองต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (mg/l)

ระยะเวลา	ระดับน้ำ 0.10 เมตร						ระดับน้ำ 0.15 เมตร						ระดับน้ำ 0.2 0 เมตร					
(วัน)	แฝกหอม		แฝกดอน		ไม่มีพืช		แฝกหอม		แฝกดอน		ไม่มีพืช		แฝกหอม		แฝกดอน		ไม่มีพืช	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
10	0.225	0.027	0.215	0.034	0.220	0.039	0.235	0.046	0.230	0.032	0.215	0.046	0.230	0.042	0.225	0.044	0.225	0.051
20	0.195	0.021	0.208	0.029	0.195	0.037	0.217	0.045	0.207	0.028	0.225	0.052	0.217	0.034	0.212	0.036	0.205	0.052
30	0.231	0.033	0.290	0.031	0.210	0.039	0.224	0.039	0.225	0.038	0.220	0.043	0.241	0.049	0.231	0.043	0.255	0.068
40	0.205	0.014	0.225	0.032	0.215	0.041	0.220	0.036	0.240	0.040	0.235	0.039	0.210	0.039	0.208	0.041	0.225	0.048
50	0.243	0.018	0.251	0.035	0.265	0.045	0.245	0.047	0.231	0.031	0.261	0.052	0.195	0.041	0.198	0.035	0.243	0.056
60	0.235	0.021	0.315	0.039	0.220	0.037	0.208	0.034	0.214	0.027	0.245	0.041	0.237	0.047	0.241	0.046	0.215	0.055
70	0.385	0.049	0.384	0.057	0.420	0.083	0.430	0.068	0.423	0.062	0.421	0.077	0.405	0.096	0.385	0.073	0.378	0.087
80	0.324	0.027	0.340	0.042	0.350	0.061	0.392	0.062	0.352	0.057	0.385	0.095	0.362	0.069	0.315	0.059	0.324	0.062
90	0.413	0.064	0.355	0.051	0.351	0.079	0.404	0.075	0.394	0.058	0.360	0.087	0.371	0.072	0.410	0.067	0.395	0.086
100	0.381	0.041	0.319	0.047	0.321	0.058	0.341	0.057	0.319	0.045	0.327	0.062	0.408	0.083	0.385	0.065	0.354	0.088
Average	0.284	0.032	0.290	0.040	0.277	0.052	0.292	0.051	0.284	0.042	0.289	0.059	0.288	0.057	0.281	0.051	0.282	0.065
Maximum	0.413	0.064	0.384	0.057	0.420	0.083	0.430	0.075	0.423	0.062	0.421	0.095	0.408	0.096	0.410	0.073	0.395	0.088
Minimum	0.195	0.014	0.208	0.029	0.195	0.037	0.208	0.034	0.207	0.027	0.215	0.039	0.195	0.034	0.198	0.035	0.205	0.048
SD	0.083	0.016	0.062	0.009	0.078	0.018	0.089	0.014	0.081	0.013	0.077	0.020	0.087	0.021	0.084	0.014	0.073	0.016

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมในบ่อทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง

ระยะเวลา	ระดับน้ำ 0.10 เมตร			ระดับน้ำ 0.15 เมตร			ระดับน้ำ 0.20 เมตร		
(วัน)	แฝกหอม	แฝกดอน	ไม่มีพืช	แฝกหอม	แฝกดอน	ไม่มีพืช	แฝกหอม	แฝกดอน	ไม่มีพืช
10	88.44	84.18	82.27	80.42	86.01	78.60	81.73	80.44	77.33
20	89.23	86.06	81.02	79.26	86.47	79.61	84.33	83.01	74.63
30	85.71	89.31	81.43	82.59	83.12	80.45	79.67	81.38	75.29
40	93.17	85.77	80.73	83.64	83.33	83.40	81.43	80.29	78.67
50	92.59	86.05	81.02	80.81	86.58	80.08	78.97	82.32	76.95
60	91.06	87.62	82.18	83.65	87.38	83.26	80.17	80.91	74.42
70	87.27	85.42	80.24	84.18	85.34	81.71	76.29	81.04	76.98
80	91.67	87.65	80.27	83.42	83.81	75.32	80.93	81.27	80.86
90	84.50	85.63	76.13	81.43	85.25	78.81	80.59	83.66	78.23
100	89.24	85.26	81.93	83.28	85.89	81.04	79.65	83.07	75.14
Average	89.29	86.30	80.72	82.27	85.32	80.23	80.38	81.74	76.85
Maximum	93.17	89.31	82.27	84.18	87.38	83.40	84.33	83.66	80.86
Minimum	84.50	84.18	76.13	79.26	83.12	75.32	76.29	80.29	74.42
SD	2.89	1.48	1.77	1.67	1.45	2.39	2.07	1.19	2.05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ส่วนบ่อทดลองที่มีประสิทธิภาพต่ำสุด คือ บ่อควบคุมไม่ปลูกพืช ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข. 17

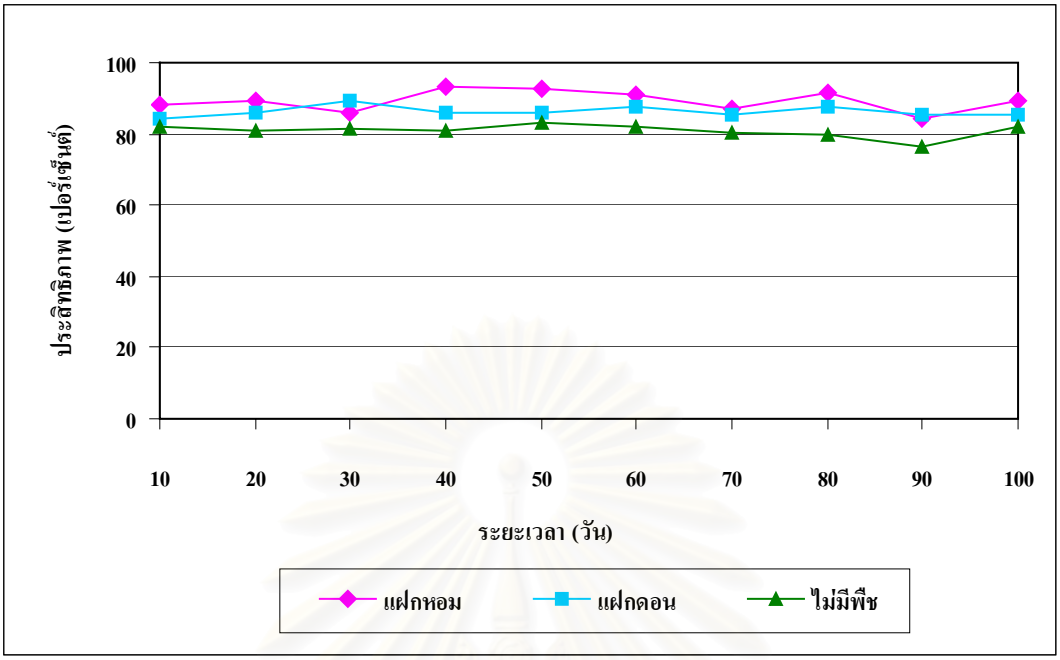
ผลการศึกษาที่ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร

ปริมาณความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำเข้าบ่อทดลอง หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี บ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช มีค่าระหว่าง 0.208 ถึง 0.430 0.207 ถึง 0.423 และ 0.215 ถึง 0.421 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนค่าความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำออกของบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีค่าระหว่าง 0.034 ถึง 0.075 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อทอลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีค่าระหว่าง 0.027 ถึง 0.062 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช มีค่าระหว่าง 0.039 ถึง 0.095 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังแสดงในตารางที่ 4.4

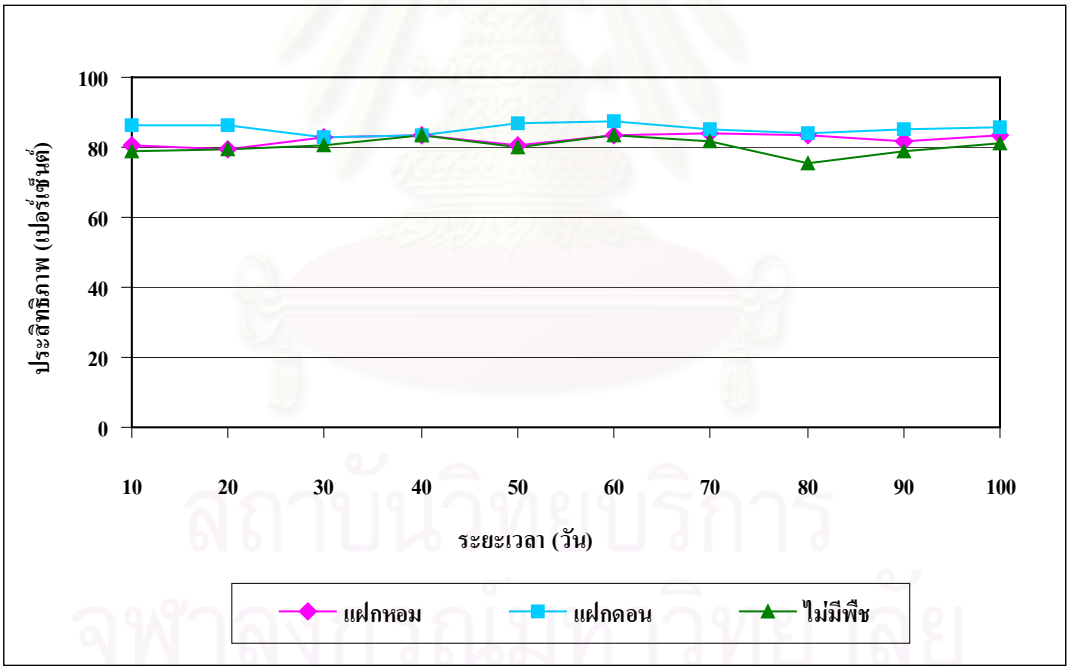
ผลการศึกษาประสิทธิภาพเฉลี่ยการกำจัดโครเมียม พบว่าที่บ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมสูงสุด คือ 85.32 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ บ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี คือ 82.27 เปอร์เซ็นต์ และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืชมีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยต่ำสุด คือ 80.23 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูป 4.28 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ทุกบ่อทดลอง ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข. 18

ผลการศึกษาที่ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร

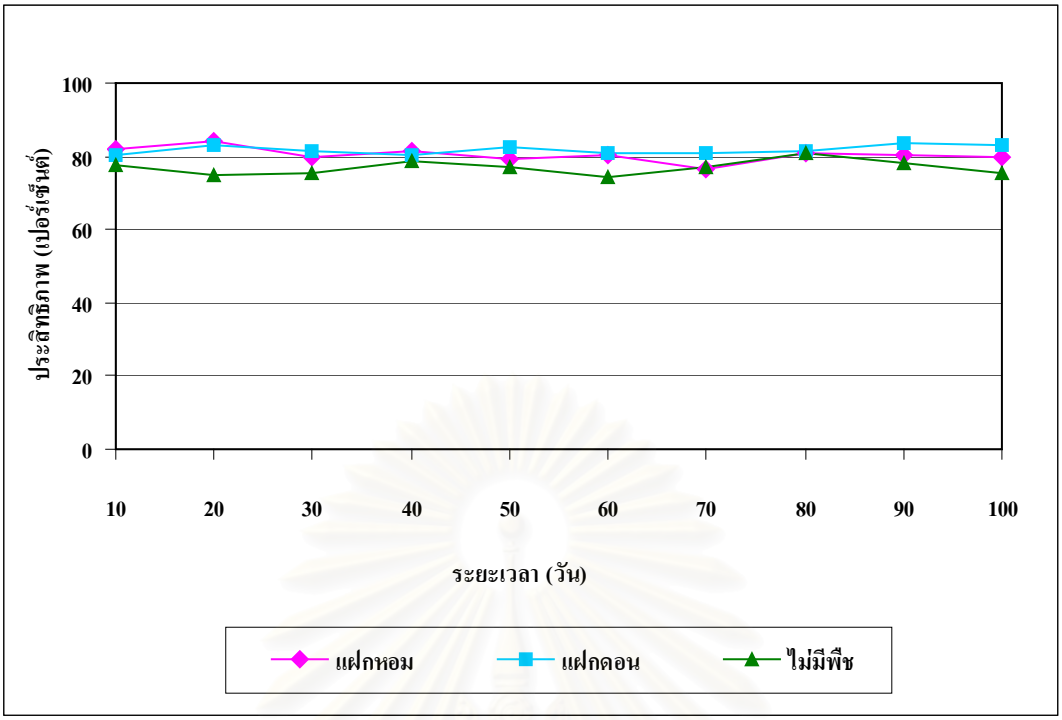
ปริมาณความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำเข้าบ่อทดลอง หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช มีค่าระหว่าง 0.195 ถึง 0.408 0.198 ถึง 0.410 และ 0.205 ถึง 0.395 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และปริมาณความเข้มข้นของโครเมียมน้ำในบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีค่าระหว่าง 0.034 ถึง 0.096 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีค่าระหว่าง 0.035 ถึง 0.073 มิลลิกรัมต่อลิตร และบ่อไม่ควบคุมไม่ปลูกพืช มีค่าระหว่าง 0.048 ถึง 0.088 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังแสดงตารางที่ 4.4



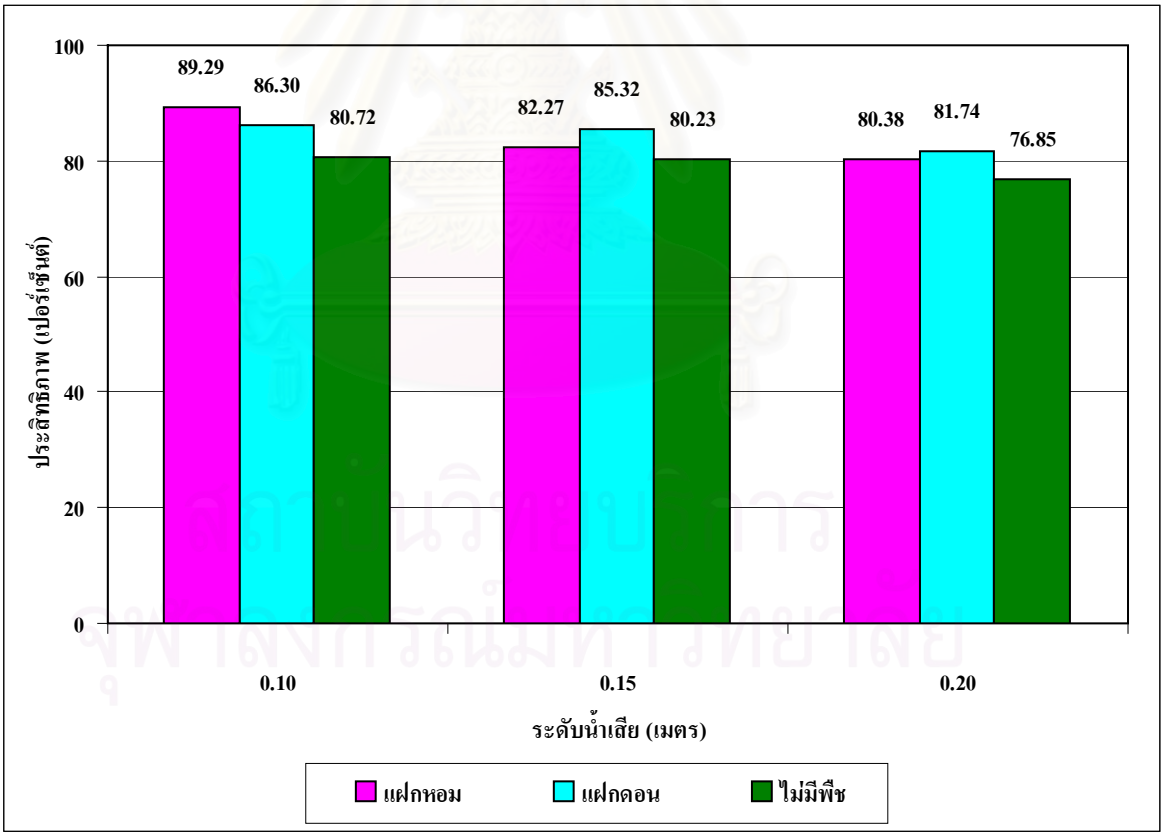
รูปที่ 4.25 ประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมของบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง



รูปที่ 4.26 ประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมของบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำ 0.15 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง



รูปที่ 4.27 ประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมของบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำ 0.20 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง



รูปที่ 4.28 ประสิทธิภาพเฉลี่ยการกำจัดโครเมียมของบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง

ผลการศึกษาประสิทธิภาพเฉลี่ยการกำจัดโครเมียม ในบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช ดังแสดงในรูปที่ 4.28 มีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยการกำจัดโครเมียม เท่ากับ 80.38, 81.74 และ 76.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับจากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี และ หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ สำหรับบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี และ หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ทดสอบแล้วไม่มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข.19

ชนิดของพืช

ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข.20 ข.21 และ ข.22 สรุปได้ว่า ค่าประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมของบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ กับบ่อทดลองที่ระดับน้ำเสีย 0.15 และ 0.20 เมตร โดยที่ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร กับ 0.20 เมตร ประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนบ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำเสีย0.20 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ กับบ่อทดลองที่ระดับน้ำเสีย 0.10 และ 0.15 เมตร ส่วนในบ่อทดลองที่ระดับน้ำเสีย 0.10 และ 0.15 ทดสอบแล้วไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และในบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช ประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมที่ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ กับบ่อควบคุมที่ระดับน้ำเสีย 0.10 และ 0.15 เมตร ส่วนในบ่อควบคุมที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียม ระหว่างพืช และระดับน้ำเสียของบ่อทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.6 พบว่าที่ระดับน้ำต่างๆ ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ พบว่า บ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดโครเมียม เท่ากับ 89.29 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ บ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร เท่ากับ 86.30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการสะสมโครเมียมในหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ พบว่าหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีการสะสมโครเมียมมากกว่าหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ลักษณะเฉพาะของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี

ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมทั้งหมดระหว่างระดับน้ำ และชนิดพืช

ชนิดพืช	ระดับน้ำเสีย (เมตร)			F. prob	ระดับน้ำเสียที่เหมาะสม (เมตร)
	0.10	0.15	0.20		
หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี	$^{a}89.29^{a}$	$^{a}82.27^{b}$	$^{a}80.38^{b}$	42.771	0.10
หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์	$^{b}86.30^{a}$	$^{b}85.32^{a}$	$^{a}81.74^{b}$	30.110	0.10, 0.15
บ่อควบคุมไม่มีพืช	$^{c}80.72^{a}$	$^{c}80.23^{a}$	$^{b}76.85^{b}$	10.994	0.10, 0.15
F.prob	21.395	18.543	19.280		
ชนิดพืชที่เหมาะสม	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 1,2		

หมายเหตุ : ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

: ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างระดับน้ำ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

: กลุ่มที่ 1 = หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี กลุ่มที่ 2 = หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

: กลุ่มที่ 3 = บ่อควบคุมไม่ปลูกพืช

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่มีลักษณะรากฝอยปริมาณมากแผ่กระจายเป็นแผงและหยั่งลึกกว่ารากของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ดังนั้นโอกาสที่รากจะสัมผัส และดูดดึงโครเมียมจึงมีมากกว่าหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และจากการศึกษาพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น พบว่าพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นที่มีการปลูกพืช มีประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมได้ดีกว่าบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช ที่ทุกระดับน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.28 นอกจากนี้ยังพบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ที่ทุกระดับน้ำเสีย มีค่าประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมเฉลี่ยมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองของ (ลักษณี คณานิธินันท์, 2539) ศึกษาประสิทธิภาพของพืชโผล่พ้นน้ำ 4 ชนิด คือ กก กลม ธูปฤาษี อ้อ และ แห้วทรงกระเทียม ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น เพื่อการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมชุบโลหะได้สูงกว่า 94 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ยังสอดคล้องกับการทดลองของ (Hendrey et al., 1979 อ้างถึงใน Kadlec และ Knight, 1996) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียชุมชนโดยมีความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำเข้าเท่ากับ 160 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อผ่านพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นแล้ว พบว่ามีความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำออกลดลงเหลือ 20 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมเท่ากับ 87.50 เปอร์เซ็นต์

4.6 การสะสมโครเมียมในดิน

4.6.1 ลักษณะเนื้อดิน

เนื้อดิน (Soil texture) ในด้านปฐพีวิทยา เนื้อดินถูกจำแนกเป็นหลายประเภท สิ่งที่กำหนดประเภทของเนื้อดิน คือ สัดส่วนโดยมวลของอนุภาค อนินทรีย์ 3 ขนาดใหญ่ คือ Sand หรือ อนุภาคทราย Silt หรืออนุภาคทรายตะกอน หรืออนุภาคทรายแป้ง และ Clay หรือ อนุภาคดินเหนียว จากการทดลองหาสัดส่วนโดยมวลของอนุภาคของดินด้วยวิธี Hydrometer (Allen, 1989) ในดินทุกบ่อก่อนเริ่มการทดลองพบว่าประเภทเนื้อดินเป็นดินร่วน (Loam) ในทุกบ่อที่ทดลองและบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช กล่าวคือ มีส่วนประกอบของ อนุภาคทรายสูงสุด คือ อยู่ในช่วง 56.02 ถึง 58.02 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ยเท่ากับ 57.30 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ อนุภาคดินเหนียว อยู่ในช่วง 23.77 ถึง 25.66 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ยเท่ากับ 24.84 เปอร์เซ็นต์ และมีอนุภาคทรายแป้งต่ำสุด อยู่ในช่วง 16.49 ถึง 20.20 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ยเท่ากับ 17.82 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณโครเมียมที่สะสมในดินในบ่อทดลองต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (mg/kg)

ระดับน้ำ	0.10 เมตร			0.15 เมตร			0.20 เมตร		
ระยะเวลา (วัน)	แฝกหอม	แฝกดอน	ไม่มีพืช	แฝกหอม	แฝกดอน	ไม่มีพืช	แฝกหอม	แฝกดอน	ไม่มีพืช
0	0.175	0.169	0.169	0.179	0.176	0.179	0.178	0.172	0.175
10	0.184	0.173	0.177	0.228	0.215	0.196	0.237	0.214	0.226
20	0.193	0.182	0.184	0.247	0.238	0.219	0.262	0.239	0.238
30	0.206	0.189	0.188	0.265	0.259	0.238	0.281	0.265	0.253
40	0.212	0.196	0.195	0.283	0.275	0.264	0.316	0.298	0.285
50	0.219	0.201	0.204	0.326	0.286	0.285	0.337	0.315	0.317
60	0.227	0.207	0.215	0.330	0.294	0.304	0.358	0.341	0.349
70	0.230	0.218	0.220	0.334	0.327	0.313	0.384	0.366	0.375
80	0.238	0.227	0.225	0.341	0.344	0.322	0.405	0.383	0.398
90	0.247	0.238	0.229	0.357	0.365	0.335	0.427	0.420	0.418
100	0.252	0.245	0.232	0.361	0.371	0.347	0.437	0.432	0.424

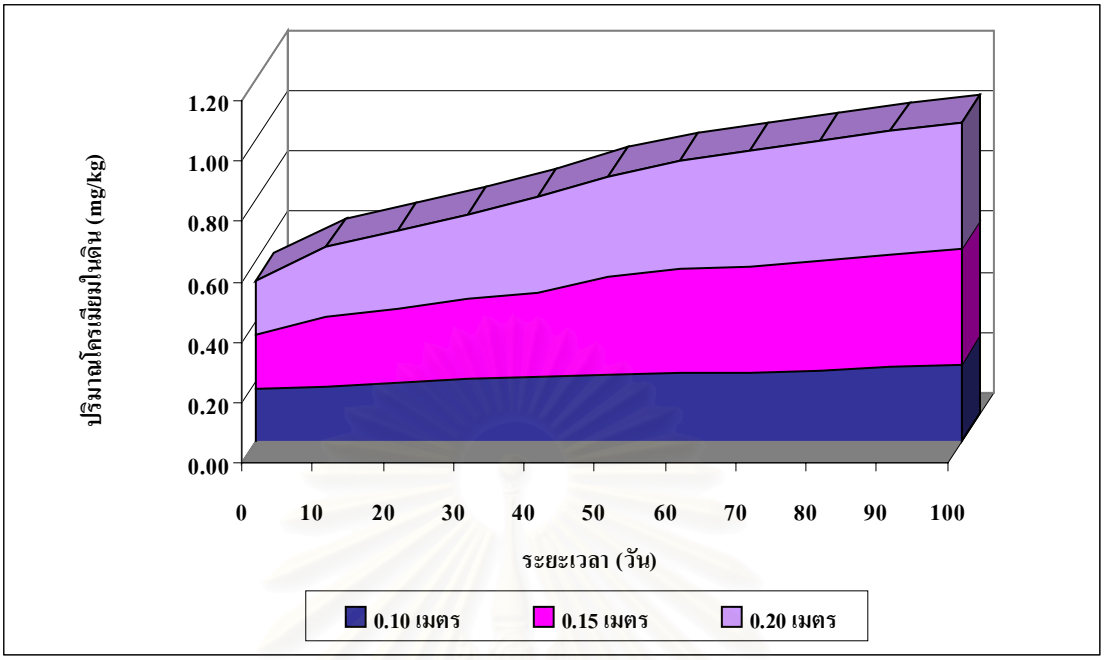
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6.2 การสะสมโครเมียมในดิน

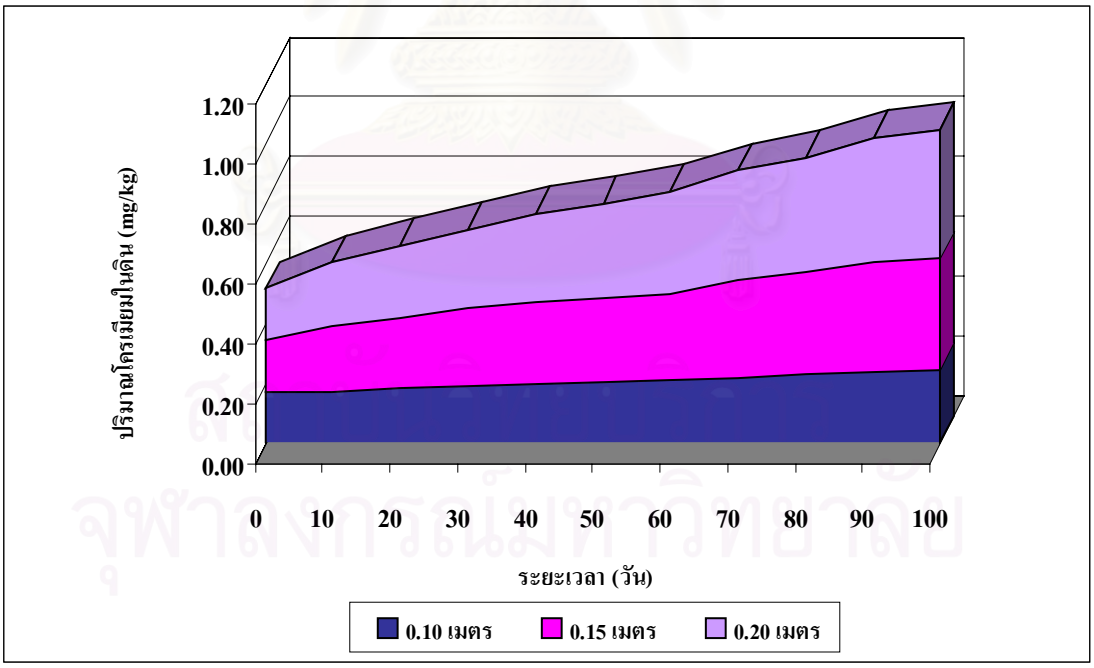
ผลการศึกษาเพื่อหาปริมาณโครเมียมที่สะสมอยู่ในดินของบ่อทดลองที่ปลูกหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และบ่อควบคุมไม่ปลูกพืชในตัวอย่างดินที่เก็บก่อนเริ่มมีการทดลองและทุก ๆ 10 วัน จนสิ้นสุดการทดลอง พบว่าเมื่อนำตัวอย่างดินมาทำการย่อมด้วยกรดผสมแล้วนั้น ปริมาณโครเมียมที่สะสมอยู่ในดินก่อนเริ่มทำการทดลองของบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ในบ่อทดลองที่ระดับน้ำเสีย 0.10 0.15 และ 0.20 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.175 0.179 และ 0.178 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะเวลา 100 วัน เท่ากับ 0.252 0.361 และ 0.437 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ตามลำดับ โดยมีค่าสูงสุดที่บ่อทดลองที่ระดับน้ำเสียสูงสุด คือ 0.20 เมตร เท่ากับ 0.437 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ดังแสดงในรูปที่ 4.29 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า ปริมาณโครเมียมสะสมในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยบ่อทดลองที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร แตกต่างกับบ่อทดลองระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร และ 0.20 เมตร สำหรับบ่อทดลองระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร และ 0.20 เมตร ทดสอบแล้วไม่มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข. 23

ปริมาณโครเมียมที่สะสมอยู่ในดินก่อนเริ่มทำการทดลองของบ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ในบ่อทดลองที่ระดับน้ำเสีย 0.10 0.15 และ 0.20 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.169 0.176 และ 0.172 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะเวลา 100 วัน เท่ากับ 0.245 0.371 และ 0.432 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ตามลำดับ โดยมีค่าสูงสุดที่บ่อทดลองที่ระดับน้ำเสียสูงสุด คือ 0.20 เมตร เท่ากับ 0.432 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ดังแสดงในรูปที่ 4.30 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า ปริมาณโครเมียมสะสมในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยบ่อทดลองที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร แตกต่างกับบ่อทดลองระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร และ 0.20 เมตร สำหรับบ่อทดลองระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร และ 0.20 เมตร ทดสอบแล้วไม่มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข. 24

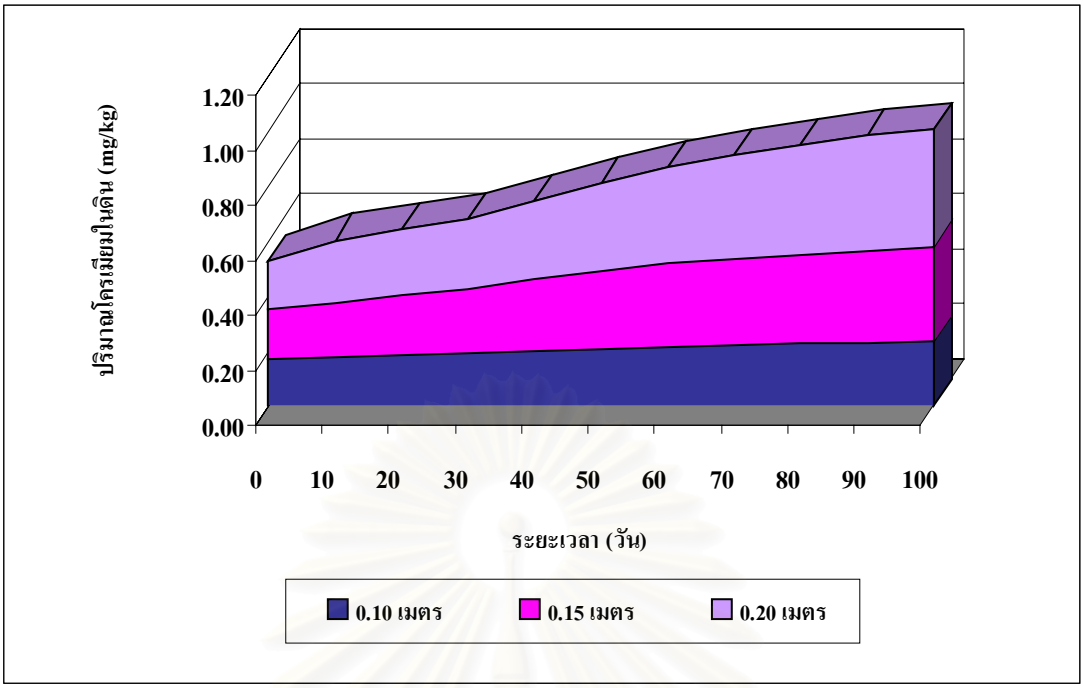
ปริมาณโครเมียมที่สะสมอยู่ในดินก่อนเริ่มทำการทดลองของบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 0.15 และ 0.20 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.169 0.179 และ 0.175 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะเวลา 100 วัน เท่ากับ 0.232 0.347 และ 0.424 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ตามลำดับ โดยมีค่าสูงสุดที่บ่อทดลองที่ระดับน้ำเสียสูงสุด คือ 0.20 เมตร เท่ากับ 0.424 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ดังแสดงในรูปที่ 4.31 จากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า ปริมาณโครเมียมสะสมในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยบ่อทดลองที่ระดับ



รูปที่ 4.29 แสดงปริมาณการสะสมโครเมียมในดินบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ



รูปที่ 4.30 แสดงปริมาณการสะสมโครเมียมในดินบ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ



รูปที่ 4.31 แสดงปริมาณการสะสมโครเมียมในดินบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช ที่ระดับน้ำเสีย 3 ระดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

0.10 เมตร แตกต่างกับบ่อทดลองระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร และ 0.20 เมตร สำหรับบ่อทดลองระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร และ 0.20 เมตรทดสอบแล้วไม่มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข. 25

จากกราฟรูปที่ 4.29 4.30 และ 4.31 เห็นได้ว่าปริมาณโครเมียมที่สะสมในดินเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่นานขึ้น โดยมีแนวโน้มการสะสมที่เพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกันทุกบ่อ และการสะสมโครเมียมในดินยังผันแปรตามระดับน้ำที่เพิ่มขึ้นด้วย โดยมีการสะสมสูงสุด ที่ระดับน้ำสูงสุด คือ 0.20 เมตร ของทุกชนิดพืชที่ทำการทดลอง และการที่โครเมียมถูกสะสมอยู่ในดิน เนื่องมาจากการเกิดกระบวนการต่าง ๆ คือ การตกตะกอน (precipitation) เป็นกระบวนการเปลี่ยนสถานะโลหะที่อยู่ในสภาพสารละลายไปอยู่ในรูปของแข็ง การตกตะกอนของโครเมียมในดินยังขึ้นอยู่กับปริมาณประจุลบ (anion) ของน้ำในดิน และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยจะตกตะกอนอยู่ในรูปของโลหะไฮดรอกไซด์ เหล็กออกไซด์ (McGrath และ Smith, 1993) พบว่าโครเมียมที่สะสมอยู่ในดินโดยส่วนใหญ่อยู่ในรูปโครเมียม (III) ซึ่งถูกดูดติดผิวได้อย่างรวดเร็ว หนาแน่นแข็งแรง เคลื่อนที่ได้น้อย โดยเหล็ก (II) ซึ่งมีแหล่งมาจากการสลายตัวของแร่เหล็ก, ดินเหนียวตามธรรมชาติ ผลจากปฏิกิริยาจะรวมกันและตกตะกอนลงมา ซึ่งโครเมียม (III) นั้นค่อนข้างคงตัวในดินได้ดี นอกจากนี้ การละลายได้ของโครเมียมจะลดลงที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้อยกว่า 4 และเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มมากขึ้นมากกว่า 5.5 เกิดการตกตะกอนขึ้นอีก ซึ่งทำให้โครเมียมถูกสะสมในดินมีมากขึ้นตามระยะเวลาที่นานขึ้น และมีปริมาณสูงสุดที่บ่อทดลองที่ระดับน้ำเสียสูงสุด คือ 0.20 เมตร เนื่องจากที่ระดับน้ำเสียเพิ่มขึ้นปริมาณโครเมียมที่เข้าสู่ระบบมีปริมาณมากขึ้น โอกาสที่โครเมียมจะตกตะกอนสะสมในดินมีมากขึ้น

4.7 การสะสมโครเมียมในส่วนต่าง ๆ ของหญ้าแฝก

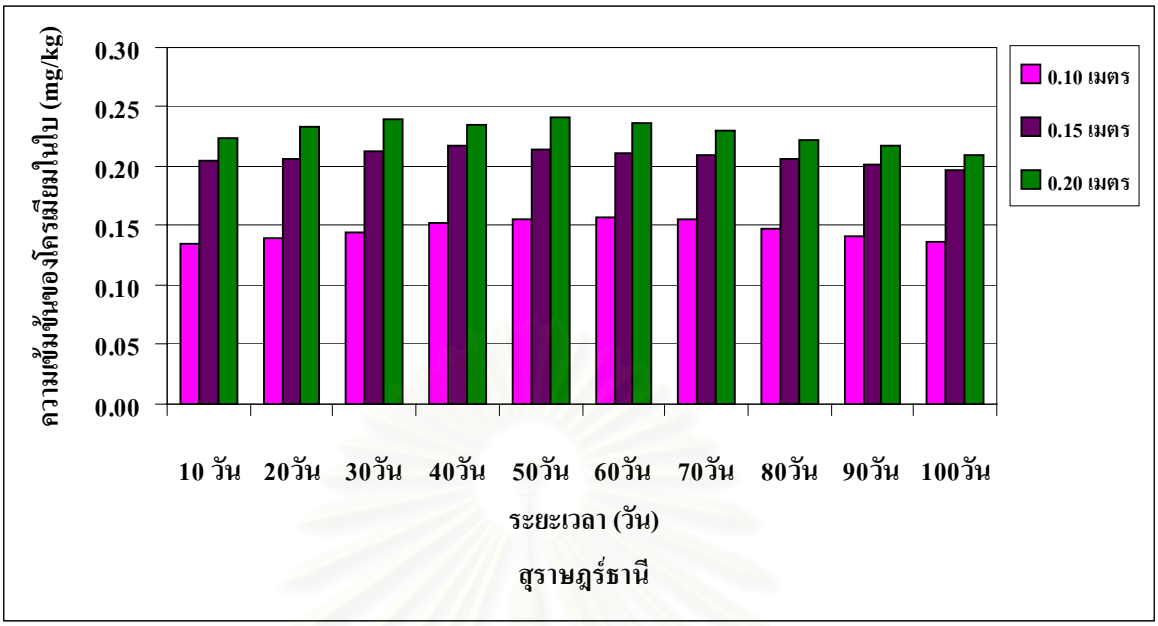
จากการทดลองพบว่าพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียจากโรงงานฟอกหนังค่อนข้างสูง คือสูงกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งนับว่ามีประสิทธิภาพสูงมาก หญ้าแฝกเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญในพื้นที่ชุ่มน้ำ ดังนั้นการหาความสามารถของหญ้าแฝกในการสะสมโครเมียมโดยการหาปริมาณโครเมียมที่ส่วนต่าง ๆ ของหญ้าแฝกสะสมอยู่ ตามช่วงระยะเวลาการทดลองที่ 100 วัน จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจศึกษา โดยเก็บตัวอย่างของหญ้าแฝกมาแยกเป็นส่วนต่าง ๆ คือ ใบ ราก และดอก (เฉพาะหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์) ซึ่งออกดอกที่ระยะเวลา 60 80 90 และ 100 วัน แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมในแต่ละส่วน โดยคำนวณเป็นความเข้มข้นในหน่วยมิลลิกรัมCrต่อน้ำหนักเนื้อเยื่อ 1 กิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) พบว่าหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ มีระดับความเข้มข้นของโครเมียมในส่วนรากมากกว่าส่วนใบ และสำหรับ

หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ พบว่ามีระดับความเข้มข้นของโครเมียมในดอกน้อยกว่าส่วนใบ และราก ตามลำดับ

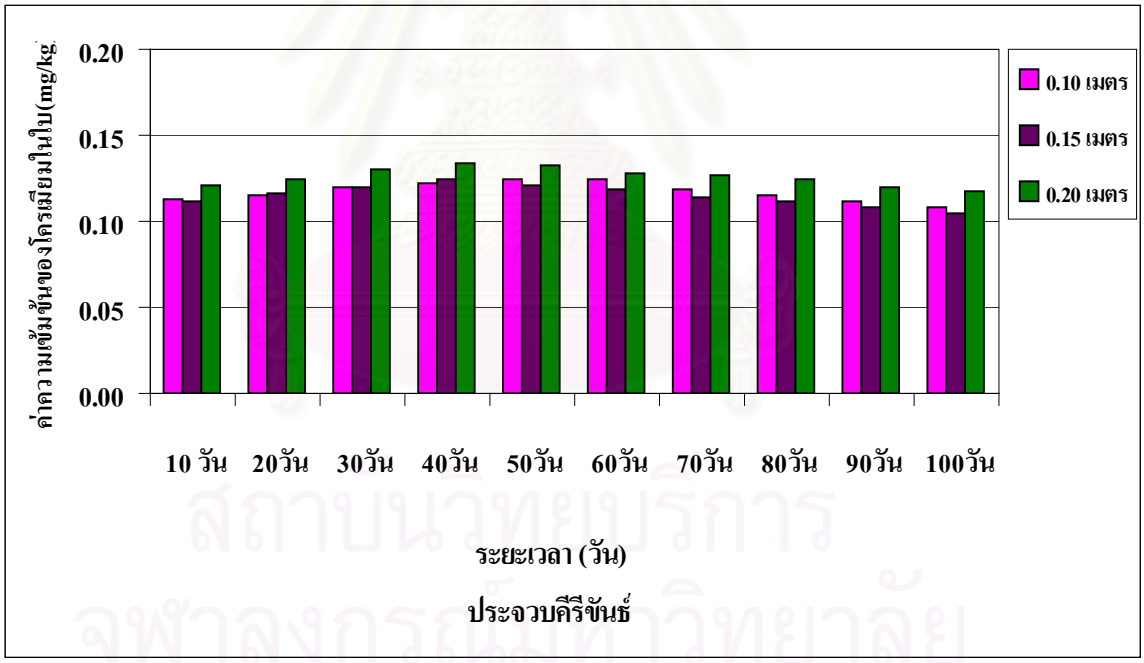
4.7.1 การสะสมโครเมียมในใบของหญ้าแฝก

การสะสมโครเมียมในใบของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร มีความเข้มข้นของโครเมียมมีค่าระหว่าง 0.135 ถึง 0.157 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม โดยที่ระยะเวลา 60 วัน มีระดับความเข้มข้นของโครเมียมในใบสูงที่สุดเท่ากับ 0.157 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม ที่ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร และ 0.20 เมตร มีระดับความเข้มข้นของโครเมียมในใบมีค่าระหว่าง 0.204 ถึง 0.217 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม และ 0.224 ถึง 0.241 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และยังพบว่าที่ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร ที่ระยะเวลา 40 วัน มีระดับความเข้มข้นของโครเมียมในใบสูงสุด เท่ากับ 0.217 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม ส่วนที่ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร มีระดับความเข้มข้นโครเมียมสูงสุดที่ 0.241 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม ที่ระยะเวลา 50 วัน ตลอดระยะเวลาการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 4.32 พบว่าโดยส่วนใหญ่การสะสมโครเมียมที่พบในใบมีแนวโน้มลดลง เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโครเมียมในใบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยแตกต่างกันที่ทุกระดับน้ำเสียดังแสดงในภาคผนวกที่ ข. 26

เมื่อพิจาราณาการสะสมโครเมียมในใบของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร มีความเข้มข้นของโครเมียมมีค่าระหว่าง 0.113 ถึง 0.125 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม โดยมีระดับความเข้มข้นของโครเมียมสูงสุดที่ระยะเวลา 50 วัน ท่ากับ 0.125 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม และที่ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร และ 0.20 เมตร มีความเข้มข้นของโครเมียมมีค่าระหว่าง 0.112 ถึง 0.124 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม และ 0.121 ถึง 0.134 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยที่ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร มีระดับความเข้มข้นของโครเมียมสูงสุด ที่ระยะเวลา 40 วัน เท่ากับ 0.124 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม และที่ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร ที่ระยะเวลา 40 วัน มีระดับความเข้มข้นของโครเมียมในใบสูงสุด เท่ากับ 0.134 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม และยังพบว่ามีการสะสมโครเมียมในใบมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น คือระดับความเข้มข้นของโครเมียมที่พบในใบมีค่าลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.33 เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโครเมียมในใบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร และ 0.15 เมตร ส่วนที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร และ 0.15 เมตร ทดสอบแล้วไม่มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข.27



รูปที่ 4.32 ปริมาณการสะสมโครเมียมในใบของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ตลอดระยะเวลาการทดลอง



รูปที่ 4.33 ปริมาณการสะสมโครเมียมในใบของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ตลอดระยะเวลาการทดลอง

ปริมาณโครเมียมที่พบในใบของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์มีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น เนื่องจากปริมาณโครเมียมที่พบในใบเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนที่น้อยกว่าค่าน้ำหนักแห้งของใบที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหญ้าแฝกเป็นพืชที่มีการเพิ่มมวลชีวภาพในส่วนยอดได้เร็ว และไม่ถูกปิดกั้น เนื่องจากลักษณะพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเป็นระบบเปิด ทำให้การเจริญเติบโตในส่วนยอดของหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นได้อย่างรวดเร็ว จึงทำให้ค่าระดับความเข้มข้นของโครเมียมที่พบในใบลดลง เมื่อระยะเวลาการปลูกนานขึ้น คำนวณจากสมการต่อไปนี้

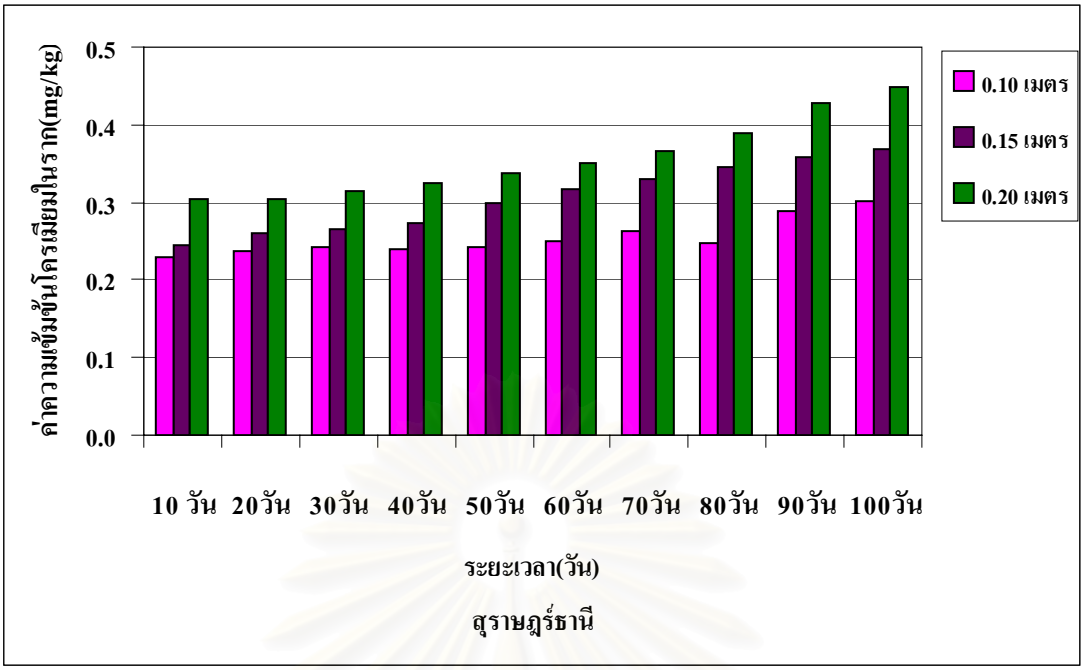
$$\text{ระดับความเข้มข้นของโครเมียมในใบ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)} = \frac{\text{ปริมาณโครเมียมที่พบในใบ (มิลลิกรัม)}}{\text{น้ำหนักแห้งของใบ (กิโลกรัม)}}$$

นอกจากนี้การสะสมโครเมียมในใบของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ยังแปรผันตามระดับน้ำเสีย กล่าวคือที่ระดับความเข้มข้นของโครเมียมที่พบในใบมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับน้ำที่เพิ่มขึ้นโดยมีค่าสูงสุดที่บ่อทดลองระดับน้ำเสียสูงสุด คือ 0.20 เมตร และมีค่าการสะสมต่ำสุดที่ระดับน้ำเสียต่ำสุด คือ 0.10 เมตร

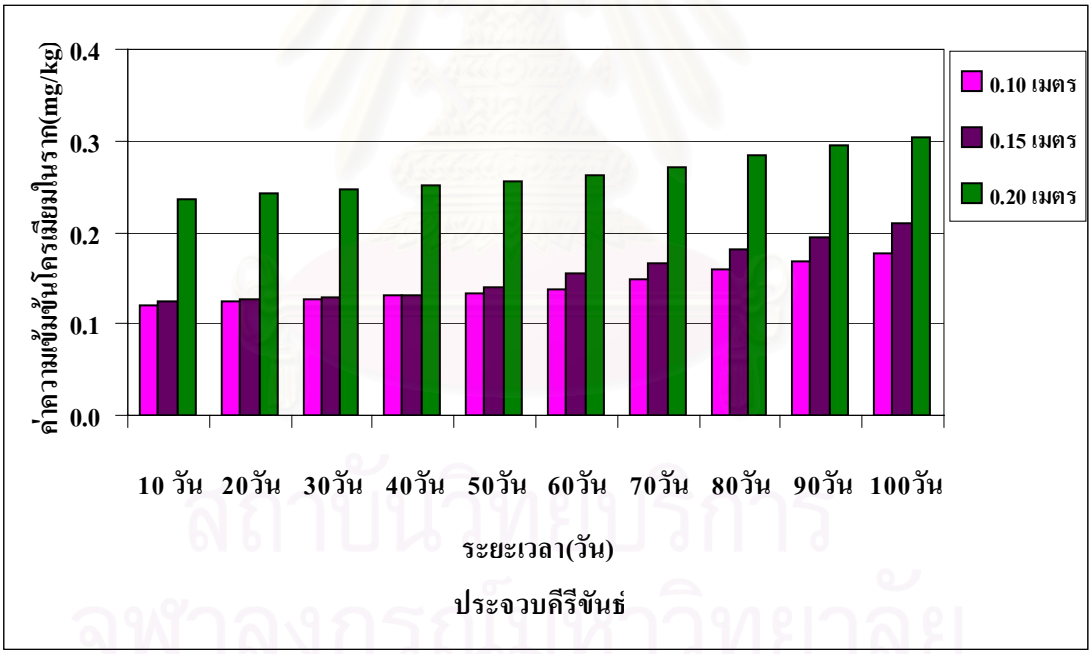
เมื่อเปรียบเทียบการสะสมโครเมียมในใบระหว่างหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ พบว่าโดยส่วนใหญ่หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีค่าความเข้มข้นของโครเมียมที่พบในใบมากกว่าหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีน้ำหนักแห้งส่วนใบที่น้อยกว่า เมื่อคิดเป็นค่าความเข้มข้นของโครเมียมที่พบในใบ จึงมีค่ามากกว่าค่าความเข้มข้นของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ตามสมการข้างต้น

4.7.2 การสะสมโครเมียมในรากของหญ้าแฝก

เมื่อพิจารณาการสะสมโครเมียมในรากของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร มีความเข้มข้นของโครเมียม มีค่าระหว่าง 0.229 ถึง 0.301 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม ที่ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร และ 0.20 เมตร มีความเข้มข้นของโครเมียมในราก มีค่าระหว่าง 0.245 ถึง 0.369 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม และ 0.303 ถึง 0.448 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร0.15 เมตร และ 0.20 เมตร มีระดับความเข้มข้นในรากสูงสุดที่ระยะเวลาสิ้นสุดการทดลองที่ 100 วัน มีค่าเท่ากับ 0.301 0.369 และ 0.448 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และตลอดระยะเวลาการทดลองยังพบว่า โดยส่วนใหญ่การสะสมโครเมียมในรากมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการปลูกนานขึ้น โดยมีค่าสูงสุดที่บ่อทดลองระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร เท่ากับ 0.448



รูปที่ 4.34 ปริมาณการสะสมโครเมียมในรากของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ตลอดระยะเวลาการทดลอง



รูปที่ 4.35 ปริมาณการสะสมโครเมียมในรากของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ตลอดระยะเวลาการทดลอง

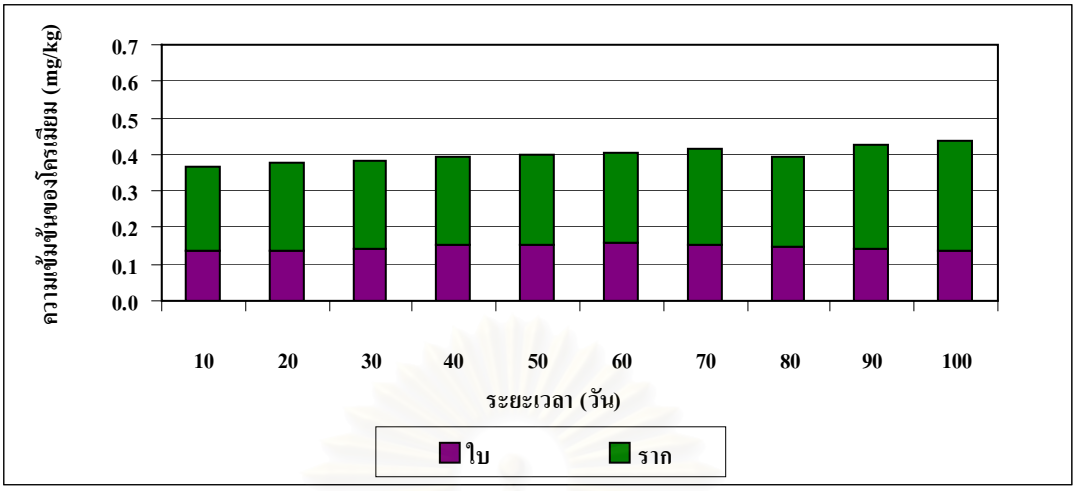
มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม ดังแสดงในรูปที่ 4.34 เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโครเมียมในรากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยแตกต่างกันที่ทุกระดับน้ำเสีย ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข.28

เมื่อพิจารณาการสะสมโครเมียมในรากของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร ค่าความเข้มข้นของโครเมียมที่พบในรากมีค่าระหว่า 0.120 ถึง 0.178 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม ส่วนที่ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร มีค่าความเข้มข้นของโครเมียมระหว่าง 0.125 ถึง 0.210 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม และที่ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร มีค่าระหว่าง 0.236 ถึง 0.304 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม ดังจะเห็นได้จากตลอดระยะเวลาการทดลองที่ 100 วัน ระดับความเข้มข้นของโครเมียมมีค่าสูงสุด ที่ระยะเวลา 100 วัน โดยที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร มีระดับความเข้มข้นของโครเมียมสูงสุดเท่ากับ 0.178 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม ที่ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร และ0.20 เมตร มีระดับความเข้มข้นของโครเมียมสูงสุดเท่ากับ 0.210 และ 0.304 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และยังพบว่าการสะสมโครเมียมในรากมีค่าเพิ่มขึ้น ตลอดระยะเวลาการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 4.35 เมื่อนำค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโครเมียมในรากมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโครเมียมในรากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร และ 0.15 เมตร ส่วนที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร และ 0.15 เมตร ทดสอบแล้วไม่มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในภาคผนวกที่ ข.29

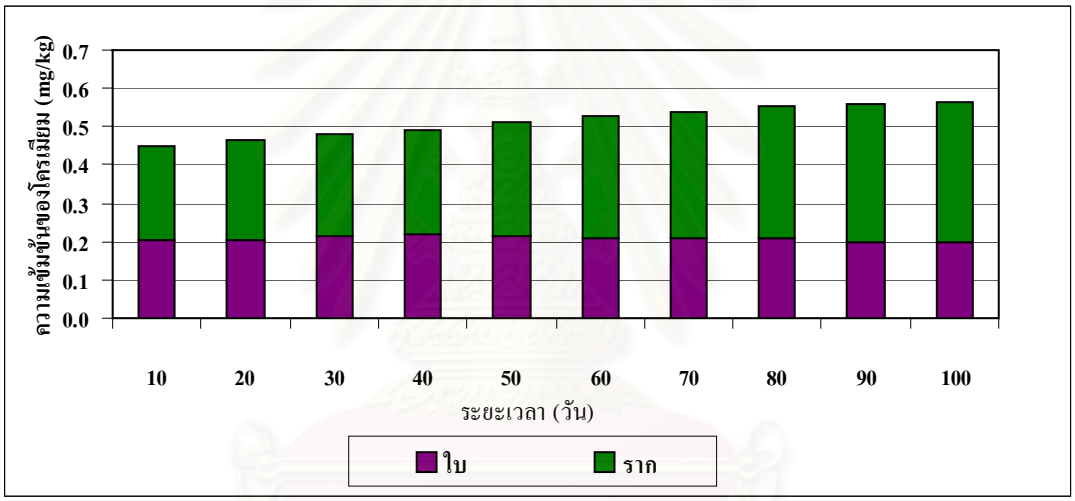
ปริมาณโครเมียมสะสมในรากของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เพราะโดยทั่วไปแล้วปริมาณโครเมียมที่หญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์โดยเข้าไปจะถูกสะสมในรากเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากรากของพืชมีระดับของกรดอินทรีย์ และกรดอะมิโนสูง ซึ่งกรดเหล่านี้สามารถจับกับพวกโลหะได้ (Alloway, 1993) และส่วนใหญ่จะพบโครเมียมในรูป (VI) ส่วนโครเมียม (III) เคลื่อนที่ช้าจึงพบในปริมาณที่น้อย จากการศึกษาการสะสมโครเมียมที่พบในรากของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ มีค่าเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการทดลอง เนื่องมาจากปริมาณโครเมียมที่พบในรากเพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกันกับค่าน้ำหนักแห้งของรากที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้ค่าระดับความเข้มข้นของโครเมียมในรากมีค่าใกล้เคียงกัน จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ระดับความเข้มข้นของโครเมียมในราก(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)} = \frac{\text{ปริมาณโครเมียมที่พบในราก (มิลลิกรัม)}}{\text{น้ำหนักแห้งของราก (กิโลกรัม)}}$$

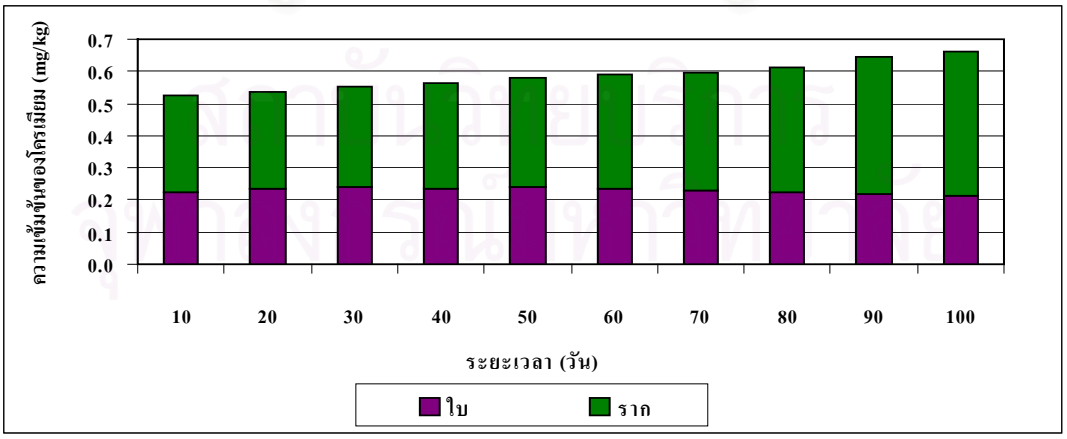
ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร



ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร

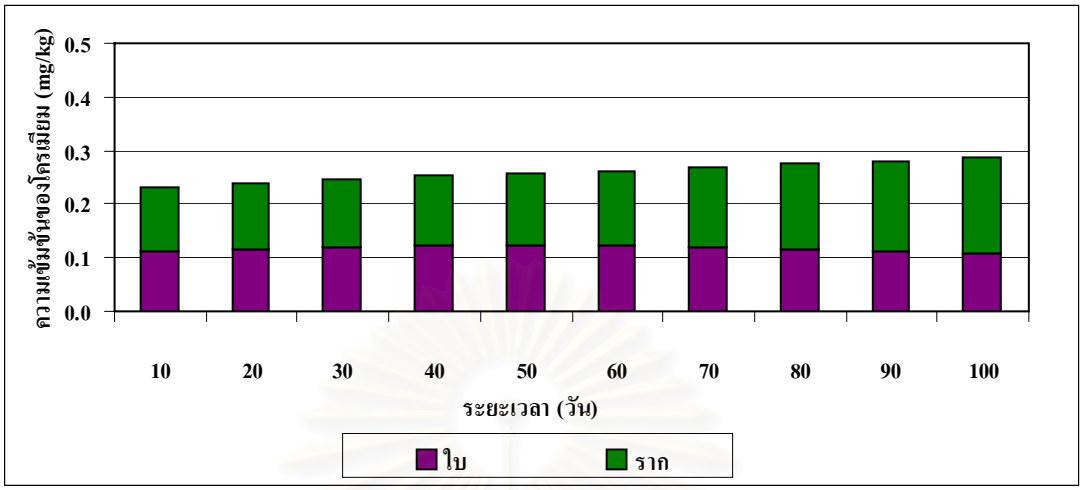


ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร

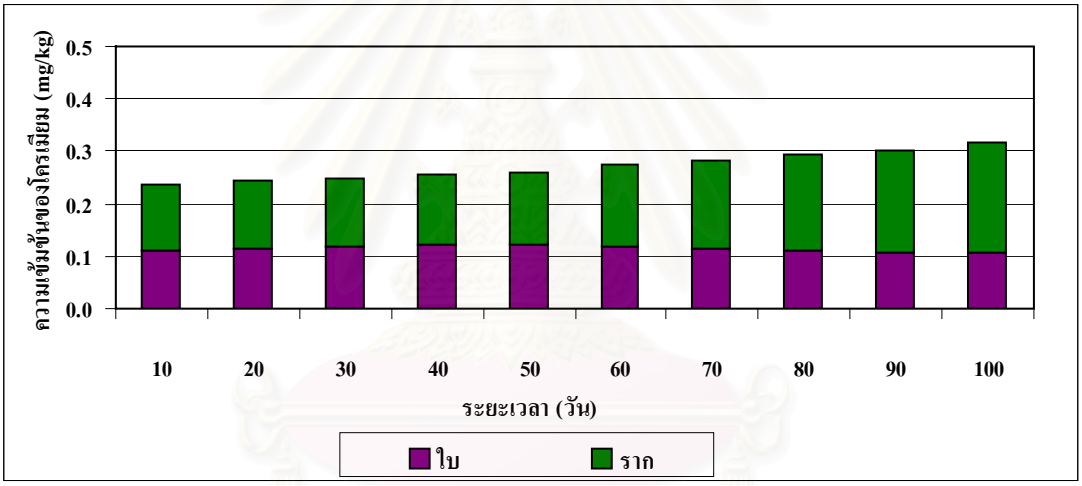


รูปที่ 4.36 การเปรียบเทียบปริมาณโครเมียมที่พบในใบและรากของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง

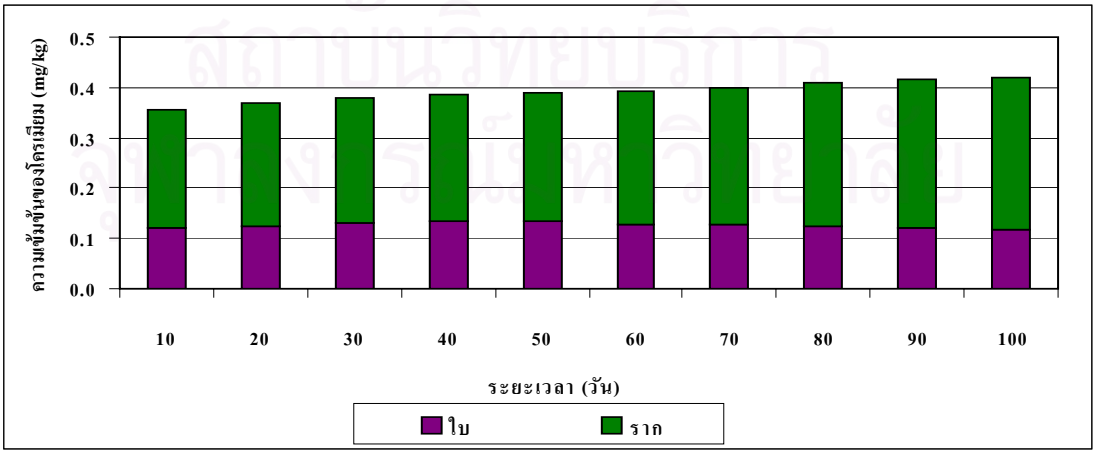
ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร



ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร



ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร



รูปที่ 4.37 การเปรียบเทียบปริมาณโครเมียมที่พบในใบและรากของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง

นอกจากนี้การสะสมโครเมียมในรากของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ยังแปรผันตามระดับน้ำเสียที่เพิ่มขึ้น กล่าวคือปริมาณโครเมียมสะสมในรากมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับน้ำเสียที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าสูงสุดที่บ่อทดลองที่มีระดับน้ำเสียสูงสุด คือ 0.20 เมตร และมีค่าการสะสมต่ำสุดที่ระดับน้ำเสียต่ำสุด คือ 0.10 เมตร

เมื่อเปรียบเทียบการสะสมโครเมียมในรากระหว่างหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ พบว่าโดยส่วนใหญ่ หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีค่าความเข้มข้นของโครเมียมที่พบในรากมากกว่าหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีระบบรากเป็นรากฝอยที่มีขนาดเส้นเล็ก หยั่งลึกและแผ่กว้างมากกว่า (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) จึงสามารถชอนไชไปในดินเพื่อดูดดึงโครเมียมได้ดีกว่าหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ซึ่งมีระบบรากเป็นรากฝอยที่มีขนาดใหญ่ สั้น และหยั่งลึกน้อยกว่า

นอกจากนี้หญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ ที่ระดับน้ำต่างกันการสะสมโครเมียมในส่วนใบและรากมีปริมาณการสะสมที่ต่างกัน โดยหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์มีปริมาณการสะสมโครเมียมในใบ และรากสูงสุดที่บ่อทดลองระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร และมีปริมาณการสะสมต่ำสุดที่บ่อทดลองระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.36 และ 4.37 ทั้งนี้เนื่องมาจากรากเป็นส่วนที่สัมผัสกับดินและดูดดึงโครเมียมโดยตรง พร้อมทั้งรากยังมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง เนื่องจากมีหมู่คาร์บอกซิลอยู่จึงเกิดการเคลื่อนย้ายอิออนจากภายนอกเข้าสู่พืชโดยผ่านทางราก (Kadlec และ Knight, 1996) แต่การสะสมโครเมียมในใบนั้นจะต้องผ่านกระบวนการลำเลียงโครเมียมจากรากไปสู่ยอดด้วย

4.7.3 การสะสมโครเมียมในดอกหญ้าแฝก

เมื่อพิจารณาการสะสมโครเมียมในบ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตรที่ระยะเวลา 80 90 และ 100 วัน มีค่าเท่ากับ 0.087 0.079 และ 0.073 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม ที่ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร ที่ระยะเวลา 60 วัน มีค่าเท่ากับ 0.107 มิลลิกรัมCr ต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างบ่อทดลองที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร และ 0.15 เมตร ที่มีการออกดอกด้วยกัน พบว่า ระดับความเข้มข้นของโครเมียมในดอกมีค่าสูงสุด ที่บ่อทดลองระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร ระยะเวลา 60 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และพบว่าการสะสมโครเมียมโครเมียมในดอกไม่มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการปลูก เนื่องจากในแต่ละครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่างหญ้าแฝกการออกดอกของแต่ละบ่อทดลองไม่พร้อมกันจึงมีขนาดและน้ำหนักไม่ใกล้เคียงกัน และระยะเวลาใน

การดูดดึงโครเมียมไม่เท่ากัน จึงทำให้ค่าระดับความเข้มข้นของโครเมียมในดอกมีค่าไม่ค่าไม่สัมพันธ์กับระดับน้ำเสีย และระยะเวลาการปลูก

ตารางที 4.8 ปริมาณโครเมียมที่พบในดอกของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ (mg/kg)

ระดับน้ำ (เมตร)	ปริมาณโครเมียมที่พบในดอกของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ (mg/kg)			
	ระยะเวลา 60 วัน	ระยะเวลา 80 วัน	ระยะเวลา 90 วัน	ระยะเวลา 100 วัน
0.10 เมตร	NO	0.087	0.079	0.073
0.15 เมตร	0.107	NO	NO	NO

หมายเหตุ : NO คือไม่มีการออกดอก

4.8 สมดุลมวล (Mass Balance)

สมดุลมวล คือปริมาณโครเมียมทั้งหมดที่เข้าสู่ระบบ และออกจากระบบ โดยผลต่างของปริมาณทั้งสอง คือค่าโครเมียมที่สะสมอยู่ในระบบ หรือปริมาณโครเมียมที่ถูกกำจัด โดยค่าดังกล่าวปรับเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณโครเมียมที่สะสมอยู่ในบ่อทดลอง และแบ่งพิจารณาเป็นสองส่วนที่สำคัญ คือ ดิน และพืช การคำนวณหาปริมาณโครเมียมทั้งหมดในน้ำเข้า และน้ำออกจากพื้นที่ชุ่มน้ำ สามารถคำนวณจากปริมาณโครเมียม (มิลลิกรัมต่อลิตร) อัตราการไหล (ลิตรต่อวัน) และระยะเวลาการกักเก็บ (วัน) สำหรับปริมาณโครเมียมในน้ำเข้า และน้ำออกแสดงได้ดังตารางที่ 4.9

จากการทำสมดุลมวล พบว่าปริมาณโครเมียมทั้งหมดสะสมสูงสุดในบ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร เท่ากับ 184.12 มิลลิกรัม คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณโครเมียมที่สะสมในระบบ โดยเมื่อแบ่งพิจารณาการสะสมโครเมียมเป็นสองส่วน คือ ดิน และพืช พบว่าการสะสมในดิน เท่ากับ 166.53 มิลลิกรัม คิดเป็น 90.04 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณโครเมียมที่สะสมในระบบ ส่วนในพืช เท่ากับ 4.95 มิลลิกรัม คิดเป็น 2.70 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณโครเมียมที่สะสมในระบบ ดังแสดงในตารางที่ 4.10 เมื่อพิจารณาปริมาณโครเมียมเฉลี่ยในสมดุลมวล พบว่ามีปริมาณโครเมียมส่วนหนึ่งหายไป เท่ากับ 12.64 มิลลิกรัม คิดเป็น 6.86 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณโครเมียมที่สะสมในระบบ รูปที่ 4.38 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ตัวอย่างของพืชที่นำมาวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมที่ดูดดึงไปทำการผสมไม่ดีพอ ทำให้สัดส่วนที่นำมาย่อยไม่สมบูรณ์ หรือเกิดจากปัจจัยสภาพแวดล้อมในบริเวณบ่อทดลอง โดยโครเมียมอาจเกิดการดูดซับกับปูนซีเมนต์บริเวณข้างบ่อ เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ (ลักษณี คณานิธินันท์, 2539) ศึกษาประสิทธิ

ตารางที่ 4.9 แสดงปริมาณมวลรวมของโครเมียมในน้ำเข้าและน้ำออกในบ่อทดลองที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (mg)

ระดับน้ำ (เมตร)	ระดับน้ำ 0.10 เมตร						ระดับน้ำ 0.15 เมตร						ระดับน้ำ 0.20 เมตร					
การทดลอง	แฝกหอม		แฝกดอน		ไม่มีพืช		แฝกหอม		แฝกดอน		ไม่มีพืช		แฝกหอม		แฝกดอน		ไม่มีพืช	
ระยะเวลา (วัน)	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
10	90.00	10.40	86.00	13.60	88.00	12.80	141.00	27.60	138.00	19.20	129.00	27.60	184.00	33.60	180.00	35.20	180.00	40.80
20	78.00	8.40	83.20	11.60	78.00	14.80	130.20	27.00	124.20	15.00	135.00	31.20	173.60	27.20	169.60	28.80	164.00	41.60
30	92.40	13.20	116.00	14.00	84.00	15.60	134.40	23.40	135.00	22.80	132.00	25.80	192.80	39.20	184.80	34.40	204.00	54.40
40	82.00	5.60	90.00	17.20	86.00	16.40	132.00	21.60	144.00	20.40	141.00	23.40	168.00	31.20	166.40	32.80	180.00	38.40
50	97.20	7.20	100.40	14.00	106.00	18.00	147.00	28.20	138.50	18.60	156.60	31.20	156.00	32.80	158.40	28.00	194.40	44.80
60	94.00	8.40	126.00	15.60	88.00	11.60	124.80	20.40	128.40	16.20	147.00	24.60	189.60	37.60	192.80	36.80	172.00	44.00
70	154.00	19.60	153.60	22.40	168.00	33.20	258.00	40.80	253.80	37.20	252.60	46.20	324.00	76.80	308.00	58.40	302.40	69.60
80	129.60	10.80	136.00	16.80	140.00	24.40	235.20	37.20	211.20	34.20	231.00	57.00	289.60	55.20	252.00	47.20	259.20	49.60
90	165.20	25.60	142.00	26.20	132.40	31.60	242.40	45.00	236.40	33.00	216.00	51.60	296.80	57.60	328.00	53.60	316.00	68.80
100	152.40	16.40	127.00	18.80	124.80	23.20	204.60	34.20	191.40	27.00	196.00	37.20	326.40	66.40	307.20	52.00	283.00	70.40
ค่าเฉลี่ย	113.48	12.56	116.02	17.02	109.52	20.16	174.96	30.54	170.09	24.36	173.62	35.58	230.08	45.76	224.72	40.72	225.50	52.24
ปริมาณโครเมียมที่สะสม	100.92		99.06		89.36		144.42		145.73		139.74		174.20		184.12		176.84	

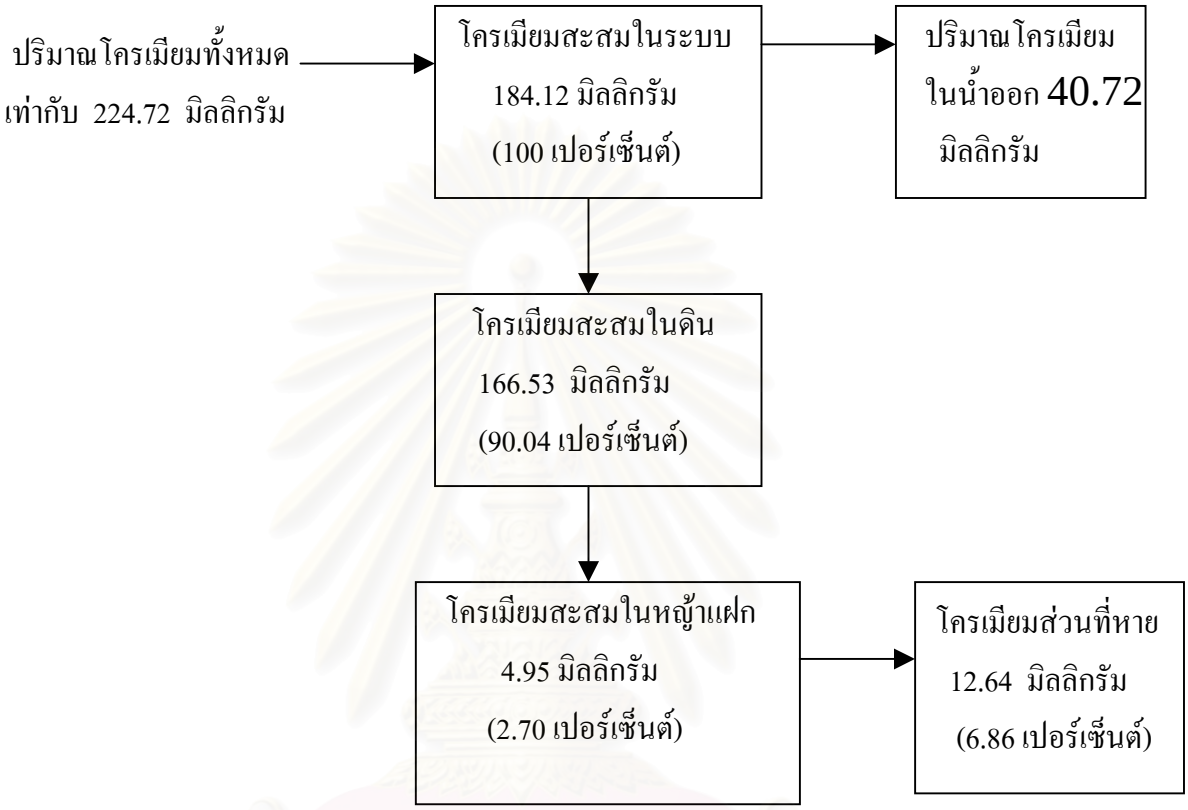
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 แสดงปริมาณโครเมียมเฉลี่ยของระบบต่อ 10 วัน ตลอดการทดลอง 100 วัน

ระดับน้ำ / ชนิดพืช	ระดับน้ำ 0.10 เมตร				ระดับน้ำ 0.15 เมตร				ระดับน้ำ 0.20 เมตร			
	ระบบ (mg)	ดิน	พืช	ส่วนที่หาย	ระบบ (mg)	ดิน	พืช	ส่วนที่หาย	ระบบ (mg)	ดิน	พืช	ส่วนที่หาย
ควบคุม	89.36 mg 100%	83.65 mg 93.61%	0 mg 0%	5.71 mg 6.38%	139.74 mg 100%	128.58 mg 92.01%	0 mg 0%	11.16 mg 7.99%	176.84 mg 100%	161.86 mg 91.53%	0 mg 0%	14.98 mg 8.47%
หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี	100.92 mg 100%	93.02 mg 92.17%	4.26 mg 4.22%	3.64 mg 3.61%	144.42 mg 100%	130.16 90.13%	4.79 mg 3.32%	9.47 mg 6.56%	174.20 mg 100%	158.08 mg 90.75%	5.34 mg 3.06%	10.78 mg 6.19%
หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์	99.06 mg 100%	89.55 mg 90.39%	3.91 mg 3.94%	5.60 mg 5.65%	145.73 mg 100%	133.88 mg 91.87%	4.18 mg 2.87%	7.67 mg 5.26%	184.12 mg 100%	166.53 mg 90.04%	4.95 mg 2.70%	12.64 mg 6.86%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพของพืชโผล่พ้นน้ำ 4 ชนิด คือ กกกลม ธูปฤาษี อ้อ และแห้วทรงกระเทียม ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น เพื่อการกำจัดโครเมียมในน้ำเสีย จากโรงงานอุตสาหกรรมชุบโลหะ พบว่ามีปริมาณโครเมียมส่วนหนึ่งหายไปจากการทำสมดุลมวล ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ เช่นกัน



รูปที่ 4.38 แสดงปริมาณโครเมียมเฉลี่ยของบ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร

เมื่อพิจารณามวลโครเมียมที่สะสมอยู่ในดิน และ พืช พบว่า เมื่อคิดเทียบค่าน้ำหนักแห้งเป็นกรัม ปริมาณการสะสมโครเมียมในพืชมีค่าสูงกว่าในดิน แต่เมื่อคิดรวมมวลทั้งหมดของน้ำหนักดิน และน้ำหนักแห้งของพืชในบ่อทดลอง พบว่าปริมาณโครเมียมเฉลี่ยสะสมอยู่ในดินสูงกว่าในพืชมาก เนื่องจากโอกาสในการตกตะกอนของโครเมียมในดินมีมากกว่า ในขณะที่พืชดูดดึงโครเมียมในอัตราที่น้อยกว่า ดังนั้น ทำให้ปริมาณโครเมียมในระบบสะสมในดินสูงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณโครเมียมเฉลี่ยที่สะสมอยู่ในระบบที่ทุกระดับน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 4.10

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝก

การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ คือ หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี และหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ปลูกในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นแบบไหลผ่านพื้นผิว (FWS) ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร 0.15 เมตรและ 0.20 เมตร หญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์มีการเจริญเติบโตได้ดีในน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนโครเมียม โดยมีน้ำหนักแห้ง และความสูงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบค่าน้ำหนักแห้ง และความสูง ของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ในบ่อทดลองกับบ่อควบคุม พบว่า การเจริญเติบโตด้านน้ำหนักแห้ง และความสูง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับบ่อควบคุม

หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี และหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าน้ำหนักแห้งทั้งต้นสูงสุด ในบ่อทดลองระดับน้ำเสีย 0.10 เท่ากับ 14.19 กรัม และ 21.89 กรัม ตามลำดับ และมีค่าน้ำหนักแห้งทั้งต้นต่ำสุด ในบ่อทดลองระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร เท่ากับ 11.32 กรัม และ 13.53 กรัม ตามลำดับ ในด้านการเจริญเติบโตในการเพิ่มความสูง พบว่า หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี และหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีการเพิ่มความสูงสูงสุดในบ่อทดลองที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร เท่ากับ 163.70 เซนติเมตร และ 128.30 เซนติเมตร ตามลำดับ และมีค่าความสูงต่ำสุด ในบ่อทดลองที่ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร เท่ากับ 103.67 เซนติเมตร และ 127.43 เซนติเมตร ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังพบว่าที่ระยะเวลาการทดลอง 60 80 90 และ 100 วัน หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีการออกดอกในบ่อทดลอง โดยที่ระยะเวลา 60 วันออกดอกในบ่อทดลองที่ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร ที่ระยะเวลา 80 90 และ 100 วัน ออกดอกในบ่อทดลองที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร

5.1.2 ประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียม ของหญ้าแฝกหอม และหญ้าแฝกดอน ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น

บ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร มีประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมสูงสุด คือ 89.29 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ บ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร คือ 86.30 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่บ่อควบคุมไม่ปลูกพืชมีประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียม คือ 80.72 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมที่ระดับความลึกเท่ากัน พบว่าหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมได้สูงกว่าหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และมีประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมแตกต่างจากบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช คือ 8.6 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยัง พบว่า บ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร มีประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยสูงสุด คือ 84.59 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมในน้ำเสีย ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 0.15 และ 0.20 เมตร ของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี และหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ พบว่าหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี และหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียม ได้สูงสุด ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร

5.1.4 การสะสมโครเมียมในส่วนต่าง ๆ ของหญ้าแฝก

พบว่าหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ มีการสะสมโครเมียมในส่วนรากมากกว่าส่วนใบ และหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีการสะสมโครเมียมในดอกน้อยกว่าในใบ และในราก โดยหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ มีการสะสมโครเมียมในส่วนใบ และส่วนรากเพิ่มขึ้นตามระดับน้ำเสียที่เพิ่มขึ้นโดยหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีการสะสมโครเมียมในส่วนใบ และส่วนราก มากกว่าหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ทุกระดับน้ำเสีย โดยมีปริมาณการสะสมโครเมียมในส่วนใบ และส่วนรากสูงสุดในบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร คือ 0.210 และ 0.448 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ขณะที่หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีการสะสมในส่วนใบ และราก คือ 0.117 และ 0.304 มิลลิกรัมCrต่อกิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ

หญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีการสะสมโครเมียมสูงกว่าหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ทุกระดับน้ำเสีย โดยเมื่อคิดรวมมวลน้ำหนักแห้งของพืชในบ่อทดลอง ที่ระดับน้ำเสีย 0.10, 0.15 และ 0.20 เมตร พบว่ามีการสะสมโครเมียม เท่ากับ 4.26 4.79 และ 5.34 มิลลิกรัม ตามลำดับ ในขณะที่หญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีการสะสมโครเมียม เท่ากับ 3.91 4.18 และ 4.95 มิลลิกรัม ตามลำดับ

5.1.5 ปริมาณโครเมียมที่สะสมในดิน

จากการศึกษาปริมาณโครเมียมทั้งหมดที่เข้าสู่ระบบ พบว่า ที่ระยะเวลาการทดลองนานขึ้น และที่ระดับน้ำเพิ่มขึ้น ปริมาณการสะสมโครเมียมในดินมีค่าแตกต่างกัน โดยมีค่าการสะสมมากที่สุด ที่ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร ของทุกชนิดพืช ทั้งนี้เนื่องมาจากที่ระดับน้ำเสียมากขึ้น ปริมาณโครเมียมที่เข้าสู่ระบบมีปริมาณมากขึ้น โอกาสที่โครเมียมตกตะกอน และสะสมในดินมีมากขึ้น โดยส่วนใหญ่พบว่า ที่ทุกระดับน้ำเสีย ปริมาณโครเมียมที่เข้าสู่ระบบถูกสะสมอยู่ในดินสูงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณโครเมียมที่อยู่ในบ่อทดลอง ที่เหลือสะสมอยู่ในพืช และหายไปกับผนังคอนกรีต

5.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป

5.2.1 การศึกษาครั้งนี้น้ำเสียที่ใช้ เป็นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้ว พบว่า ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก ดังนั้นการนำน้ำเสียที่ยังไม่ได้ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาศึกษาน่าจะเป็นรูปแบบที่น่าสนใจ

5.2.2 ศึกษาการกำจัดโลหะหนักอื่น ๆ นอกจากโครเมียมเพิ่มเติม เพราะในน้ำเสียมักจะปนเปื้อนด้วยโลหะหนักหลายชนิด

5.2.3 การใช้พื้นที่ชุ่มน้ำแบบไหลผ่านพื้นผิวตัวกลาง (Subsurface flow wetlands, SF) เป็นรูปแบบที่น่าสนใจในการนำมาศึกษา เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับพื้นที่ชุ่มน้ำแบบไหลผ่านพื้นผิว (Free water surface, FWS)

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กมลพรรณ นามวงศ์พรหม. 2541. หญ้าแฝกหอม. ในการอนุรักษ์และพัฒนาพันธุ์พืชทางศิลปวัฒนธรรมไทย, หน้า 101-109. กรุงเทพมหานคร: อักษรสยามการพิมพ์.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539. การบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร: มิตรนราการพิมพ์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2536. พิมพ์ครั้งที่ 9. คู่มือปฏิบัติการ ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2541. พิมพ์ครั้งที่ 8. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชัชวาล์ จันทร์ดุ้ง. 2537. การนำกลับโครเมียมจากน้ำเสียฟอกหนังด้วยโรงทดลองนำร่อง. ปริญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. 2525. สารานุกรมธาตุ, หน้า 130-136. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

ดุษลักษณ์ ฐิติวร. 2543. ประสิทธิภาพของแฝกหอม *Vertiveria zizanioides* (Linn.) Nash และ หญ้าแฝกดอน*Vertiveria nemoralis* (Balansa) A. Camus ในการกำจัดสารหนูที่ปนเปื้อนในดิน. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนาคารโลก. 2537. หญ้าแฝก แนวรั้วเพื่อป้องกันการพังทลายของดิน. แปลโดย สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. กรุงเทพมหานคร.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์. 2536. การนำกลับโครเมียมจากน้ำเสีย อุตสาหกรรมฟอกหนัง. ในการศึกษาในห้องปฏิบัติการในโครงการนำกลับโครเมียมจากอุตสาหกรรมฟอกหนัง. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์.1996. โครเมียมจากการฟอกหนัง :ปุจฉาที่รอคำตอบ. Thai Environmental Engineering 10 (September – October) :28-30.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2535. การนำกลับโครเมียมจากน้ำเสีย อุตสาหกรรมฟอกหนัง.กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนียา เจติยานุกรกุล.2539. ความเป็นไปได้ของการใช้หญ้าแฝกจากแหล่งพันธุ์ต่าง ๆ ในการบำบัดน้ำทิ้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธัญลักษณ์ แต่บรรพกุล. 2539. ประสิทธิภาพของดีปลีน้ำ *Potamogeton malaianus* และ สาหร่ายหางกระรอก *Hydrilla verticiclata* ในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปัทมา วิตยากร. 2537. ดิน: แหล่งธาตุอาหารของพืช. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ปิยวรรณ สายมโนพันธ์. 2543. ความสามารถของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ *Rhizophora mucronata* Lamk และ *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนในดินป่าชายเลนที่มีโครงสร้างต่างกัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เพิ่มพูน กีรติกสิกร. 2528. เคมีของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พัฒนาที่ดิน, กรม. 2536. รายงานผลการดำเนินงานโครงการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ประจำปี 2536. กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พัฒนาที่ดิน,กรม. 2541. ความรู้เรื่องหญ้าแฝก (Vertiver Grass Overview). กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พรชัย สุธาทร.2538. การศึกษาความทนเค็มของหญ้าแฝก. รายงานผลการดำเนินงานโครงการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ประจำปี 2536: หน้า 38.

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2542. คู่มือเจ้าพนักงานควบคุมมลพิษ ของ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร.

มูลนิธิชัยพัฒนา. 2534. แนวความคิดในการดำเนินโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เกี่ยวกับการพัฒนาและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. หน้า 3-5.

มนพ รุ่งสุข. 2538. การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกหอม *Veteveria zizanioides* (L) Nash ที่รดด้วยน้ำทิ้งจากชุมชน จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ราเชนทร์ ถิรพร. 2534. ประโยชน์ของหญ้าแฝกในด้านอื่น ๆ. รายงานผลการสัมมนาเรื่องการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝก ตุลาคม 2534: หน้า 39-59.

โรงงานอุตสาหกรรม, กรม.2540. คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อม (Technical Guideline for Environmental Management. กรุงเทพมหานคร: กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

ลักษณี คณานิธินันท์. 2539. ประสิทธิภาพของกกกลม *Cyperus corymbosus* ธูปฤาษี *Typha angustifolia* อ้อ *Phragmites australis* และแห้วทรงกระเทียม *Eleocharis dulcis* ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อการโครเมียมในน้ำเสีย จากโรงงานอุตสาหกรรมชุบโลหะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิทูร ชินพันธุ์ และ อาทิตย์ ศุขเกษม. 2536. การศึกษาเปรียบเทียบสายพันธุ์หญ้าแฝกในประเทศไทย. รายงานผลการดำเนินงานโครงการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ประจำปี 2536 : หน้า 31-33.

วิทูร ชินพันธุ์. 2537.ลักษณะของหญ้าแฝก. คู่มือการดำเนินงานเกี่ยวกับหญ้าแฝก, หน้า 15-24. กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาที่ดิน.

วีระชัย ณ นคร. 2536. น้ำหอมจากรากหญ้าแฝก. กรุงเทพมหานคร : หอพรรณไม้ กองบำรุง กรมป่าไม้.

วีระชัย ณ นคร. 2536. หญ้าแฝก (*Vetiveria* Spp.) สายพันธุ์ในประเทศไทย. รายงานผลการดำเนินงานโครงการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ประจำปี 2536 : หน้า 47-76.

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. 2539. ภาวะมลพิษของดินจากการใช้สารเคมี. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 2537. ความก้าวหน้าการดำเนินงานสนองพระราชดำริการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝก. กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 2541. สาระน่ารู้เรื่องหญ้าแฝก : การใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝก. กรุงเทพมหานคร.

สุชาดา ศรีเพ็ญ. 2530. พรรณไม้น้ำ. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เสาวลักษณ์ ศิริวรรณ.2542. การศึกษาการปนเปื้อนของโครเมียมในดินบริเวณป่าชายเลนกรณี : โรงงานอุตสาหกรรมฟอกหนัง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการวางแผนสิ่งแวดล้อม เพื่อพัฒนาชนบท บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

ภาษาอังกฤษ

AWWA, WEF, and APHA. 1995. Standard Method for The Examination of Water and Wastewater. 19th ed. American Public Health Association.

Allen, S.E. 1989. Chemical Analysis of Ecological Materials. 2nd ed. London: Butter & Tanner.

Boto, K. G. 1984. Waterlogged Saline Soil. In S.C. Snedaker and J. G. Snedaker (eds.), The Mangrove Ecosystem : Research Methods, pp. 114-130. Unesco.

Buddhawong, S.. 1996. Efficiency of *Cyperus corymbosus* and *Eleocharis dulcis* in Constructed Wetlands for Municipal Wastewater Treatment. Master' s Thesis, Department of Environmental Science, Graduate School, Chulalongkorn University.

Chamber, J. M., McComb, A.J. 1992. Establishing wetland plants in artificial systems. In AWWA and IAWQ, Wetland Systems in Water Pollution Control, Proceeding of Internation Specialist Conference, pp. 6.1-6.8. Australia.

Crites, R.W. 1992. Design criteria and practice for constructed wetlands. In AWWA and IAWQ, Wetland Systems in Water Pollution Control, Proceeding of Internation Specialist Conference, pp. 6.1-6.8. Australia.

Campbell, C. G. 1999. Constructed Wetlands and Wastewater Treatment Design. Constructed Wetlands In The Sustainable Landscape, pp. 41-91. New York: John Wiley & Sons.

Cooper, P. F., and Findlater, B.C. 1990. Constructed Wetlands in Water Pollution Control . (n.p.): Pergamon Press.

Cull,R.,Hunter,H.,Hunter, M. and Truong,Paul N.V. 2000. Tolerance to herbicide underselected wetland conditions. In Proceedings of the Second International Conference on Vetiver [Online]. Available from: http:// Vetiver in Wetlands Research in Australia.html [2001,June 20]

Gersberg, R.M., Elkins, B. V., Lyon, S.R. and Goldman, C.R. 1986. Role of aquatic plant in Westewater treatment by artificial wetlands. Water Research. 3: 363-370.

Guntenspergen, G.R., Stern, F. and Kadlec, J.A. 1989. Wetland vegetation. In D.A. Hammer (ed.), Constructed Wetland for Wastewater Treatment Municipal, Industrial and Agricultural, pp. 73-88. The United States of America.

Gearheart, R.A.,F. Klopp, and G.Allen.1989. Constructed Free Surface Wetlands to Treat and Receive Wastewater Pilot Project to Full Scale. In D.A. Hammer(ed.) Constructed Wetlands for Wastewater Treatment, pp.121-137. Chelsea:Lewis Publisher.

Hammer, D. A., and Bastian, R.K. 1989. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. Michigan: Liwis Publighers.

Hanping, X. 1999. Vetiver and its use to control effluent from China's pig farms.[Online] Available from: http:// www. Vetiver for Pig Related Wetland Impromemt Selection and Evaluation of Plants.html[2001,June 20]

Katekinta, T. 1994. Tertiary Treatmeny of Pond Effluent with Constructed Wetlands. Master' thesis, Engineering, Asian Institute of Technology (AIT), Bangkok, Thailand.

Kadlec, R.H. and Knight, R.L. 1996. Treatment Wetlands. Boca Raton,FL:Lewis- CRC Press.

McGraw-Hill. 1992. Encyclopedia of Science and Technology. The United states of America : McGraw-Hill.

McGrath, S.P and S. Smith. 1993. Chromium and Nickel. In Alloway, B.J. (ed.), Heavy Metals in Soil, pp. 125-145. New York: Halsted Press.

McBride, M. B. 1994. Environmental Chemistry of Soils. Oxford : Oxford University Press.

Nualchavee Roongtanakiat and Prapai Chairoj. 2000. Uptake Potential of Some Heavy Metals by Vetiver Grass. In Preceedings of the second International Conference on Vetiver : Vertiver and The environment, Phetchaburi , 18-22 January 2000 : pp. 435-438. Bangkok : Office of the Royal Development Projects Board.

Office of the Royal Development Project Board.1997. Factual Tips About VETIVER GRASS. Bangkok : Text And Journal Publication.

Office of the Royal Development Projectes Board. 1999. Vetiver Grass : Vetiver and the Environment. Bangkok : Text and Journal Publication.

Reed, S.C., Crites, R.W. and Middlebrooks, E.J. 1995. Natural System for Waste Management And Treatment. 2ed ed . New York : McGraw – Hill.

Reddy, K.R., D'Angelo, E.M. 1997. Biogeochemical Indicators to Evaluate Pollutant Removal Efficiency in Constructed Wetlands. Water Science and Technology 35(5) : 1-10.

Summerfelt. S.T.,Adler, P.R., Glenn, D.M. and Kretschmann, R.N. 1999. Aquaculture sludge removal And stabilization within created wetlands.[Online] Available from : http://www.isiwos.car.chula.ac.th [1999,July 14]

Truong, Paul N.V.. 1996. Vetiver grass for land rehabilitation. In Proceedings of the First International Conference on Vetiver : Amiracle grass, Chiang Rai, 4-8 February 1996 : pp. 49-56. Bangkok : office of the Royal Development Projects Board.

Truong, Paul N.V. and Baker Dennis. 1998. Vetiver Grass System for Environment Protection. Technical Bulletin No. 1998/1(April) : pp. 1-16.

Truong, Paul N.V.. 2000. The Global Impect of Vetiver Grass Technology On the Environment. In Preceedings of the second International conference on Vetiver : Vetiver and the environment,Phetchaburi, 18-22 January 2000 : pp. 48-61. Bangkok : office of the Royal Development Projects Board.

United States Environmental Protection Agency. 2000. Manual Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewater. EPA/625/R-99/010. Cincinnati, Ohio: U.S. office of Research and Development.

World Bank. 1987. A Method of Vegetative Soil and moisture Conservation. Vetiver Grass. New Delhi:Technical Handbook.

World Health Organization. 1988. Environmental Health Criterai 61: Chromium. Geneva : WHO.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

มาตรฐานน้ำทิ้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1. ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH value)	5.5 - 9.0	pH Meter
2. ค่าทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solid)	ไม่เกิน 3,000 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือ ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่ คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 5,000 มก./ล.	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 C^0 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3. สารแขวนลอย (Suspended Solid)	ไม่เกิน 50 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือ ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือระบบบำบัดน้ำเสีย ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 150 มก./ล.	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fibre Filter Disc)
4. อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส	เครื่องวัดอุณหภูมิวัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ
5. สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่ได้กำหนด
6. ซัลไฟด์ (Sulfide)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล	Titrate
7. ไซยาไนด์ (Cyanide as HCN)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	กลั่นและตามด้วยวิธี Pyridine Barbituric Acid
8. น้ำมัน และไขมัน (Fat, Oil and Grease	ไม่เกิน 5.0 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 15 มก./ล.	สกัดด้วยตัวทำละลาย แล้ว แยกหาน้ำหนัก ของน้ำมัน และไขมัน
9. ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล	Spectrophotometry
10. สารประกอบฟีนอล (Phenols)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล	กลั่นและตามด้วยวิธี 4- Amino-antipyrine
11. คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล	Iodometric Method
12. สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide)	ต้องตรวจตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด	Gas-Chromatography
13. ค่าบีโอดี (Biochemical Oxegen Demand : BOD)	ไม่เกิน 20 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม แต่ไม่เกิน 60 มก./ล.	Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ต่อ)

14. ค่าทีเคเอน (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen)	ไม่เกิน 100 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือ ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่ คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 200 มก./ล.	Kjeldahl
15. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD)	ไม่เกิน 120 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือ ประเภทของโรงงานตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 400 มก./ล.	Potassium Dichromate Digestion
1. สังกะสี	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	Atomic Absorption Spectro-Photometry หรือ Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma : ICP
2. โครเมียมรวม (Total Chromium) 3. โครเมียมชนิดเฮกซาวาเล้นท์ (Hexavalent Chromium) 4. โครเมียมชนิดไตรวาเล้นท์ (Trivalent Chromium) 5. ทองแดง (Cu) 6. แคดเมียม (Cd) 7. แบเรียม (Ba) 8. ตะกั่ว (Pb) 9. นิกเกิล (Ni) 10. แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 0.5 มก./ล. ไม่เกิน 0.25 มก./ล. ไม่เกิน 0.75 มก./ล. ไม่เกิน 2.0 มก./ล. ไม่เกิน 0.03 มก./ล. ไม่เกิน 1.0 มก./ล. ไม่เกิน 0.2 มก./ล. ไม่เกิน 1.0 มก./ล. ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	
11. อาร์เซนิค (As)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	Atomic Absorption Spectro-Photometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Hydride Generation หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductivity Coupled Plasma : ICP
12. เซเลเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 มก./ล.	
13. ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 มก./ล.	Atomic Absorption Cold Vapour Technique

ที่มา : ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) วันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13 ง ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 1 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำทั้ง 3 ระดับ

Oneway

ANOVA

Weight of ziza

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9.743	2	4.872	.876	.428
Within Groups	150.131	27	5.560		
Total	159.875	29			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 2 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ระหว่างบ่อทดลองกับบ่อควบคุม

Oneway

ANOVA

Weight of ziza (0.10m)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	13.236	1	13.236	1.577	.225
Within Groups	151.076	18	8.393		
Total	164.311	19			

ANOVA

Weight of ziza (0.15m)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.000	1	5.000	.921	.350
Within Groups	97.736	18	5.430		
Total	102.736	19			

ANOVA

Weight of ziza (0.20m)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.602	1	.602	.096	.760
Within Groups	112.713	18	6.262		
Total	113.315	19			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 3 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำทั้ง 3 ระดับ

Oneway

ANOVA

Weight of nemo

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20.066	2	10.033	.972	.391
Within Groups	278.730	27	10.323		
Total	298.797	29			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 4 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ระหว่างบ่อทดลองกับบ่อควบคุม

Oneway

ANOVA

Weight of nemo (0.10m)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.568E-02	1	1.568E-02	.001	.980
Within Groups	435.923	18	24.218		
Total	435.938	19			

ANOVA

Weight of nemo (0.15m)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	23.436	1	23.436	3.570	.075
Within Groups	118.159	18	6.564		
Total	141.595	19			

ANOVA

Weight of nemo (0.20m)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.599	1	2.599	.771	.391
Within Groups	60.648	18	3.369		
Total	63.248	19			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 5 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตด้านความสูงของหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำทั้ง 3 ระดับ

Oneway

ANOVA

Height of ziza

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	175.929	2	87.964	.382	.686
Within Groups	6218.378	27	230.310		
Total	6394.307	29			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 6 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตด้านความสูงของหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ระหว่างบ่อทดลองกับบ่อควบคุม

Oneway

ANOVA

Height of ziza (0.10m)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	331.705	1	331.705	.812	.379
Within Groups	7354.206	18	408.567		
Total	7685.912	19			

ANOVA

height of ziza (0.15m)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	239.017	1	239.017	.748	.399
Within Groups	5752.753	18	319.597		
Total	5991.770	19			

ANOVA

height of ziza (0.20m)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	60.935	1	60.935	.499	.489
Within Groups	2195.969	18	121.998		
Total	2256.904	19			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 7 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตด้านความสูงของหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำทั้ง 3 ระดับ

Oneway

ANOVA

height nemo

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1489.209	2	744.604	2.162	.135
Within Groups	9299.214	27	344.415		
Total	10788.423	29			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 8 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตด้านความสูงของหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ระหว่างบ่อทดลองกับบ่อควบคุม

Oneway

ANOVA

Height of nemo (0.10m)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	222.578	1	222.578	.333	.571
Within Groups	12042.383	18	669.021		
Total	12264.961	19			

ANOVA

Height of nemo (0.15m)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	48.361	1	48.361	.161	.693
Within Groups	5410.692	18	300.594		
Total	5459.052	19			

ANOVA

Height of nemo (0.20m)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	476.581	1	476.581	4.029	.060
Within Groups	2129.257	18	118.292		
Total	2605.837	19			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 9 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: efficiency ss

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6566.927[a]	8	820.866	127.048	.000
Intercept	449421.6	1	449421.6	69558.464	.000
PLANT	4352.849	2	2176.424	336.852	.000
DEPTH	1918.977	2	959.489	148.503	.000
PLANT * DEPTH	295.102	4	73.775	11.418	.000
Error	523.346	81	6.461		
Total	456511.9	90			
Corrected Total	7090.273	89			

a. R Squared = .926 (Adjusted R Squared = .919)

level of water

Homogeneous Subsets

efficiency ss

Duncan[a,b]

level of water	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
0.20 m	30	65.1897		
0.15 m	30		70.3213	
0.10 m	30			76.4847
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 6.461.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

b. Alpha = .05.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 9 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น (ต่อ)

type of plant

Homogeneous Subsets

efficiency ss

Duncan[a,b]

type of plant	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
No plant	30	62.7473		
nemoralis	30		69.5717	
zizanioides	30			79.6767
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 6.461.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

b. Alpha = .05.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 10 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยของชนิดพืช ที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร

Oneway

ANOVA

efficiencyss (0.10m)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1409.405	2	704.702	113.321	.000
Within Groups	167.903	27	6.219		
Total	1577.308	29			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

efficiencyss (0.10m)

Duncan[a]

		Subset for alpha = .05		
type of plant	N	1	2	3
No plant	10	67.8090		
nemoralis	10		76.5310	
zizanioides	10			84.5940
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 11 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยของชนิดพืช ที่ระดับน้ำ 0.15 เมตร

Oneway

ANOVA

efficiencyss (0.15m)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	869.832	2	434.916	55.956	.000
Within Groups	209.857	27	7.772		
Total	1079.689	29			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

efficiencyss (0.15m)

Duncan[a]

		Subset for alpha = .05	
type of plant	N	1	2
No plant	10	65.7600	
nemoralis	10	67.3140	
zizanioides	10		77.8800
Sig.		.223	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 12 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยของชนิดพืช ที่ระดับน้ำ 0.20 เมตร

Oneway

ANOVA

efficiencyss (0.20m)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2267.821	2	1133.910	194.789	.000
Within Groups	157.173	27	5.821		
Total	2424.994	29			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

efficiencyss (0.20m)

Duncan[a]

		Subset for alpha = .05		
type of plant	N	1	2	3
No plant	10	54.6630		
nemoralis	10		64.9500	
zizanioides	10			75.9560
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 13 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยของหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี

Oneway

ANOVA

efficiency of ziza

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	411.315	2	205.658	48.526	.000
Within Groups	114.429	27	4.238		
Total	525.744	29			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

efficiency of ziza

Duncan[a]

level of water	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
0.20 m	10	75.9560		
0.15 m	10		77.8800	
0.10 m	10			84.5940
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 14 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยของหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

Oneway

ANOVA

efficiency of nemo

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	748.870	2	374.435	59.124	.000
Within Groups	170.991	27	6.333		
Total	919.862	29			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

efficiency of nemo

Duncan[a]

		Subset for alpha = .05		
level of water	N	1	2	3
0.20 m	10	64.9500		
0.15 m	10		67.3140	
0.10 m	10			76.5310
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 15 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอยของบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช

Oneway

ANOVA

efficiency of NP

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1001.134	2	500.567	54.083	.000
Within Groups	249.900	27	9.256		
Total	1251.034	29			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

efficiency of NP

Duncan[a]

		Subset for alpha = .05	
level of water	N	1	2
0.20 m	10	54.6630	
0.15 m	10		65.7700
0.10 m	10		67.8090
Sig.		1.000	.146

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 16 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: efficiency cr

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1137.723[a]	8	142.215	37.400	.000
Intercept	613526.5	1	613526.5	161344.4	.000
PLANT	492.883	2	246.441	64.809	.000
DEPTH	501.197	2	250.599	65.902	.000
PLANT * DEPTH	143.643	4	35.911	9.444	.000
Error	308.010	81	3.803		
Total	614972.2	90			
Corrected Total	1445.733	89			

a. R Squared = .787 (Adjusted R Squared = .766)

Post Hoc Tests

type of plant

Homogeneous Subsets

efficiency cr

Duncan[a,b]

type of plant	N	Subset 1	Subset 2
No Plant	30	79.2667	
zizanioides	30		83.9773
nemoralis	30		84.4507
Sig.		1.000	.350

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 3.803.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

b. Alpha = .05.

ข. 16 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น (ต่อ)

level of water

Homogeneous Subsets

efficiency cr

Duncan[a,b]

level of water	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
0.20 m	30	79.6550		
0.15 m	30		82.6047	
0.10 m	30			85.4350
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 3.803.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

b. Alpha = .05.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 17 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมของชนิดพืช ที่ระดับน้ำเสีย 0.10 เมตร

Oneway

ANOVA

efficiency Cr (0.10 m)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	377.976	2	188.988	41.378	.000
Within Groups	123.320	27	4.567		
Total	501.295	29			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

efficiency Cr (0.10 m)

Duncan[a]

		Subset for alpha = .05		
type of plant	N	1	2	3
No Plant	10	80.7220		
nemoralis	10		86.2950	
zizanioides	10			89.2880
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 18 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมของชนิดพืช ที่ระดับน้ำเสีย 0.15 เมตร

Oneway

ANOVA

efficiency cr (0.15 m)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	131.241	2	65.620	18.543	.000
Within Groups	95.547	27	3.539		
Total	226.788	29			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

efficiency cr (0.15 m)

Duncan[a]

		Subset for alpha = .05		
type of plant	N	1	2	3
No Plant	10	80.2280		
zizanioides	10		82.2680	
nemoralis	10			85.3180
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 19 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมของชนิดพืชที่ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร

Oneway

ANOVA

efficiency cr (0.20m)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	127.309	2	63.655	19.280	.000
Within Groups	89.143	27	3.302		
Total	216.452	29			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

efficiency cr (0.20m)

Duncan[a]

		Subset for alpha = .05	
type of plant	N	1	2
No plant	10	76.8500	
zizanioides	10		80.3760
nemoralis	10		81.7390
Sig.		1.000	.105

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 20 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมของหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี

Oneway

ANOVA

efficiency cr ziza

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	440.946	2	220.473	42.771	.000
Within Groups	139.177	27	5.155		
Total	580.123	29			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

efficiency cr ziza

Duncan[a]

		Subset for alpha = .05	
level of water	N	1	2
0.20 m	10	80.3760	
0.15 m	10	82.2680	
0.10 m	10		89.2880
Sig.		.073	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 21 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมของหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

Oneway

ANOVA

efficiency cr nemo

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	115.070	2	57.535	30.110	.000
Within Groups	51.592	27	1.911		
Total	166.661	29			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

efficiency cr nemo

Duncan[a]

		Subset for alpha = .05	
level of water	N	1	2
0.20 m	10	81.7390	
0.15 m	10		85.3180
0.10 m	10		86.2950
Sig.		1.000	.126

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 22 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมของบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช

Oneway

ANOVA

efficiency of NP

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	88.824	2	44.412	10.228	.000
Within Groups	117.242	27	4.342		
Total	206.066	29			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

efficiency of NP

Duncan[a]

		Subset for alpha = .05	
level of water	N	1	2
0.20 m	10	76.8500	
0.15 m	10		80.2280
0.10 m	10		80.7220
Sig.		1.000	.600

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 23 การทดสอบความแตกต่างของโครเมียมในดินของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ

Oneway

ANOVA

CrSoil ziza

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.218E-02	2	3.609E-02	9.442	.001
Within Groups	.115	30	3.822E-03		
Total	.187	32			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

CrSoil ziza

Duncan[a]

		Subset for alpha = .05	
level of water	N	1	2
0.10 m	11	.21718	
0.15 m	11		.30355
0.20 m	11		.32555
Sig.		1.000	.411

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 11.000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 24 การทดสอบความแตกต่างของโครเมียมในดินของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ

Oneway

ANOVA

crsoil of nemo

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.109E-02	2	3.555E-02	9.099	.001
Within Groups	.117	30	3.907E-03		
Total	.188	32			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

crsoil of nemo

Duncan[a]

		Subset for alpha = .05	
level of water	N	1	2
0.10 m	11	.20409	
0.15 m	11		.28636
0.20 m	11		.31318
Sig.		1.000	.322

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 11.000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 25 การทดสอบความแตกต่างของโครเมียมในดินของบ่อควบคุมไม่ปลูกพืช ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ

Oneway

ANOVA

Crsoil in NP

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.909E-02	2	3.455E-02	9.366	.001
Within Groups	.111	30	3.689E-03		
Total	.180	32			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Crsoil in NP

Duncan[a]

		Subset for alpha = .05	
level of water	N	1	2
0.10 m	11	.20345	
0.15 m	11		.27291
0.20 m	11		.31436
Sig.		1.000	.120

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 11.000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.26 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโครเมียมในใบของหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี

Oneway

ANOVA

LEAV (Ziza)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.744E-02	2	1.872E-02	274.459	.000
Within Groups	1.842E-03	27	6.821E-05		
Total	3.928E-02	29			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

LEAV (Ziza)

Duncan[a]

		Subset for alpha = .05		
level of water	N	1	2	3
0.10 m	10	.14580		
0.15 m	10		.20800	
0.20 m	10			.22900
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง. 27 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโครเมียมในใบของหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

Oneway

ANOVA

LEAV (Nemo)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.776E-04	2	3.888E-04	11.304	.000
Within Groups	9.287E-04	27	3.440E-05		
Total	1.706E-03	29			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

LEAV (Nemo)

Duncan[a]

		Subset for alpha = .05	
level of water	N	1	2
0.10 m	10	.11510	
0.15 m	10	.11510	
0.20 m	10		.12590
Sig.		1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 28 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโครเมียมในรากของหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี

Oneway

ANOVA

Root (Ziza)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.281E-02	2	2.641E-02	15.685	.000
Within Groups	4.545E-02	27	1.683E-03		
Total	9.826E-02	29			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Root (Ziza)

Duncan[a]

		Subset for alpha = .05		
level of water	N	1	2	3
0.10 m	10	.25413		
0.15 m	10		.30610	
0.20 m	10			.35690
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.29 การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโครเมียมในรากของหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

Oneway

ANOVA

Root (Nemo)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9.042E-02	2	4.521E-02	71.577	.000
Within Groups	1.705E-02	27	6.317E-04		
Total	.107	29			

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

Root (Nemo)

Duncan[a]

		Subset for alpha = .05	
level of water	N	1	2
0.10 m	10	.14270	
0.15 m	10	.15590	
0.20 m	10		.26520
Sig.		.250	1.000

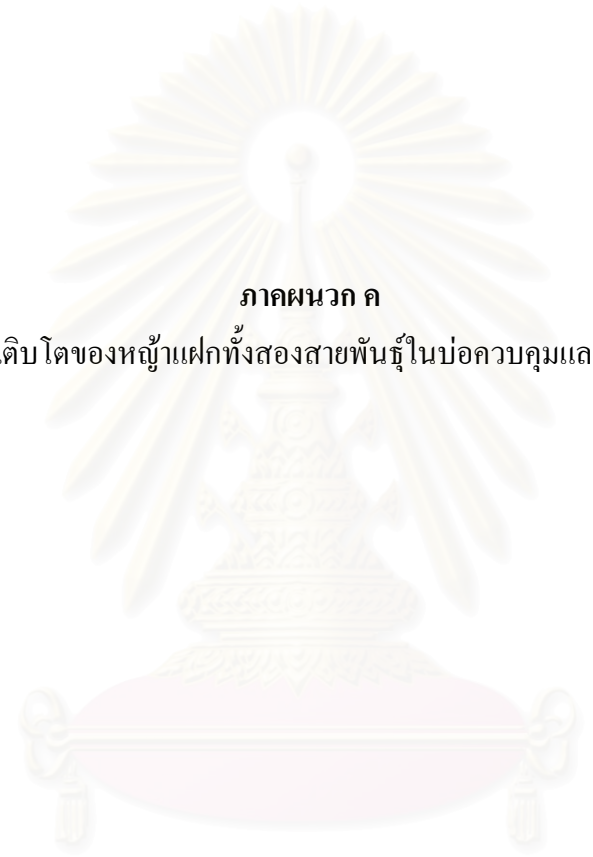
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

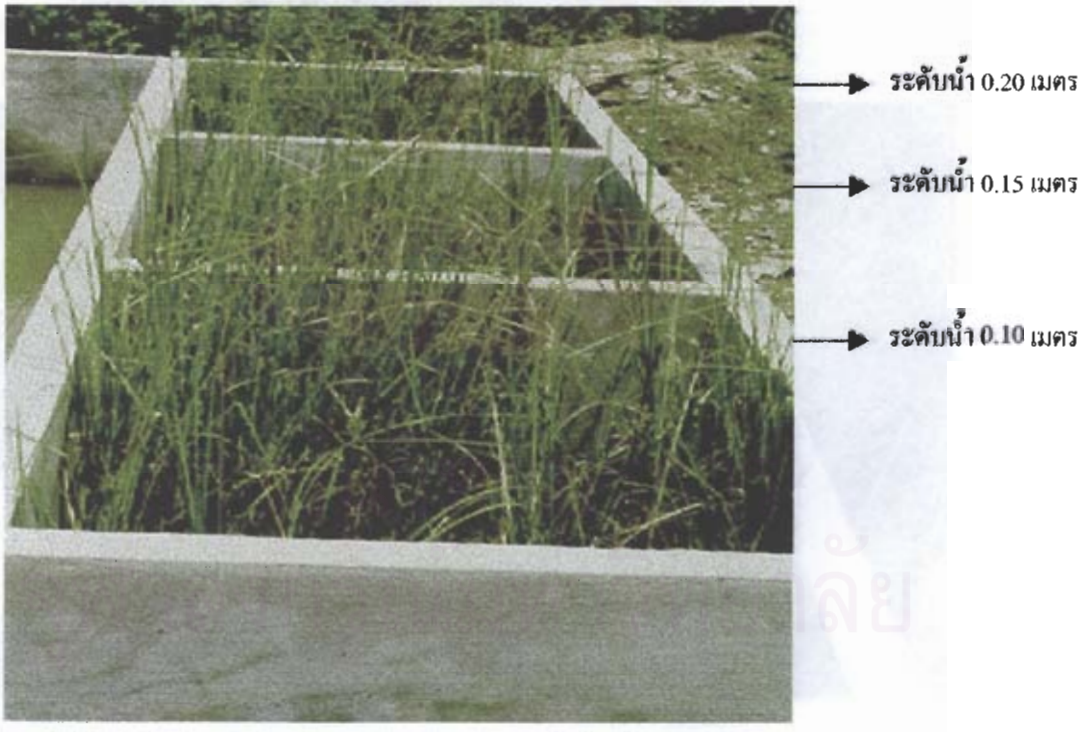
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ในบ่อควบคุมและบ่อทดลอง



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ค.1 **การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ในบ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ**

รูปที่ ค.2 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ ที่ระดับน้ำ 0.10เมตร ที่ระยะเวลาการทดลอง 50 วัน

รูปที่ ค.3 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ ที่ระดับน้ำ0.15 เมตร ที่ระยะเวลาการทดลอง 50 วัน

รูปที่ ค.4 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ ที่ระดับน้ำเสีย 0.20 เมตร ที่ระยะเวลาการทดลอง 50 วัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ข้อมูลคุณภาพน้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 แสดงค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ตัวอย่างน้ำเข้าและน้ำออก ของบ่อทดลองต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง

ระดับน้ำ	0.10 เมตร						0.15 เมตร						0.20 เมตร					
การทดลอง	แฝกหอม		แฝกดอน		ไม่มีพืช		แฝกหอม		แฝกดอน		ไม่มีพืช		แฝกหอม		แฝกดอน		ไม่มีพืช	
ระยะเวลา (วัน)	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
10	7.54	7.19	7.53	6.94	7.54	7.35	7.50	7.27	7.49	7.23	7.50	7.35	7.44	7.45	7.46	7.66	7.50	7.87
20	7.43	7.53	7.49	7.58	7.46	7.48	7.48	7.52	7.45	7.43	7.44	7.23	7.44	7.58	7.48	7.53	7.43	7.55
30	7.49	7.16	7.64	7.01	7.51	7.39	7.49	7.08	7.47	7.02	7.49	7.28	7.47	7.36	7.46	7.26	7.49	7.55
40	7.89	7.20	7.86	7.14	7.81	7.52	7.89	7.24	7.91	7.41	7.85	7.41	7.91	7.37	7.90	7.56	7.88	7.55
50	7.78	7.10	7.78	7.27	7.73	7.32	7.82	7.13	7.88	7.21	7.93	7.25	7.88	7.11	7.89	7.60	7.89	7.34
60	7.76	7.02	7.79	7.05	7.88	7.65	7.90	7.08	7.90	7.13	7.94	7.67	7.95	7.09	7.96	7.79	7.96	7.29
70	8.16	7.28	8.16	7.21	8.17	7.68	8.15	7.65	8.16	7.26	8.18	7.70	8.12	7.49	8.13	8.12	8.13	6.97
80	7.71	7.61	7.71	7.35	7.71	7.85	7.71	7.76	7.75	7.33	7.75	7.81	7.77	7.32	7.78	8.25	7.76	7.67
90	7.64	7.18	7.62	7.11	7.62	7.51	7.62	7.21	7.62	7.18	7.61	6.71	7.65	7.15	7.62	7.83	7.65	7.05
100	7.58	7.18	7.61	7.01	7.63	7.66	7.62	7.25	7.62	7.34	7.58	7.09	7.61	7.32	7.56	7.50	7.58	7.15
Average	7.70	7.25	7.72	7.17	7.71	7.54	7.72	7.32	7.73	7.25	7.73	7.35	7.72	7.32	7.72	7.71	7.73	7.40
SD	0.22	0.19	0.19	0.19	0.21	0.17	0.22	0.24	0.23	0.13	0.24	0.32	0.24	0.16	0.24	0.30	0.23	0.29

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.2 แสดงค่าอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ตัวอย่างน้ำเข้าและน้ำออก ของบ่อทดลองต่าง ตลอดระยะเวลาการทดลอง

ระดับน้ำ	0.10 เมตร						0.15 เมตร						0.20 เมตร					
การทดลอง	แฝกหอม		แฝกดอน		ไม่มีพืช		แฝกหอม		แฝกดอน		ไม่มีพืช		แฝกหอม		แฝกดอน		ไม่มีพืช	
ระยะเวลา(วัน)	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
10	33.0	28.5	33.0	28.4	33.0	28.4	33.0	28.7	33.0	28.6	33.0	28.7	33.0	28.7	33.0	28.8	33.0	28.7
20	30.8	27.3	31.2	26.9	31.4	26.6	30.6	26.7	30.5	26.5	30.4	27.3	31.1	26.4	30.8	27.0	30.6	26.7
30	30.0	28.2	30.7	28.1	30.5	27.8	29.9	28.1	29.9	27.9	29.7	28.3	29.2	28.1	29.3	28.2	29.4	28.1
40	32.5	31.90	32.9	31.1	32.7	31.4	32.1	31.2	31.0	31.3	28.7	30.4	29.9	30.6	30.0	31.3	30.4	30.8
50	40.6	34.50	40.6	34.1	39.7	33.5	39.1	33.4	37.1	33.8	36.2	33.9	34.4	35.0	35.0	34.1	35.9	32.8
60	38.3	35.5	38.9	34.8	38.4	35.1	37.7	34.8	36.9	34.3	36.8	34.8	35.0	34.5	35.7	34.2	35.5	33.8
70	40.0	33.0	41.2	32.6	41.6	32.1	38.7	32.3	37.9	32.3	36.6	31.9	35.3	32	37.1	31.8	37.1	32.0
80	40.2	31.0	40.5	31.3	40.0	32.0	38.9	31.5	37.2	31.0	36.0	31.3	33.9	31.5	34.4	31.8	35.2	31.5
90	39.1	31.1	39.4	30.0	39.4	29.7	38.7	30.6	38.6	30.4	38.4	30.7	34.5	30.8	36.0	30.9	37.4	30.9
100	42.2	30.5	39.9	29.7	37.1	29.6	36.9	30.2	37.3	30.1	39.1	30.3	37.0	29.9	38.0	29.8	38.6	30.1
Average	36.7	31.2	36.8	30.7	36.4	30.6	35.6	30.8	34.9	30.6	34.5	30.8	33.3	30.8	33.9	30.8	34.3	30.5
SD	4.57	2.69	4.30	2.59	4.07	2.67	3.73	2.46	3.43	2.49	3.76	2.37	2.51	2.69	3.04	2.38	3.25	2.19

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.3 แสดงค่าความนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร) ของน้ำเข้าและน้ำออกในบ่อทดลอง ตลอดระยะเวลาในการทดลอง

ระดับน้ำ	0.10 เมตร						0.15 เมตร						0.20 เมตร					
การทดลอง	แฝกหอม		แฝกดอน		ไม่มีพืช		แฝกหอม		แฝกดอน		ไม่มีพืช		แฝกหอม		แฝกดอน		ไม่มีพืช	
ระยะเวลา(วัน)	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
10	11.6	15.3	10.9	14.4	12.5	16.5	11.2	14.4	11.8	12.8	11.3	14.3	12.2	15.8	11.1	12.4	12.4	17.0
20	15.3	16.2	12.0	14.7	12.7	14.1	10.3	12.7	12.4	15.5	10.7	13.8	13.6	13.8	12.3	15.3	14.9	15.0
30	11.6	12.8	12.4	14.3	10.6	13.1	10.8	11.9	12.5	14.8	12.3	14.3	10.7	12.8	10.8	14.1	12.1	14.2
40	10.8	14.2	11.8	12.5	10.5	12.6	12.4	13.6	11.6	13.7	13.0	12.3	11.6	14.3	11.5	13.2	14.3	13.2
50	15.4	14.3	10.8	13.3	13.7	15.5	13.6	13.2	12.3	13.7	13.7	15.8	13.7	14.5	10.6	12.7	13.7	16.2
60	10.8	12.3	12.9	12.8	12.9	12.7	13.0	14.3	12.9	14.0	12.9	17.3	12.9	16.3	12.6	12.8	12.9	17.3
70	12.8	19.6	12.9	18.5	12.9	14.2	12.8	16.2	12.8	15.4	12.8	19.0	12.8	18.9	12.8	14.8	12.8	18.0
80	9.4	11.0	11.1	12.5	10.9	11.3	12.9	13.4	11.1	12.7	10.8	11.6	13.1	18.1	12.8	13.1	10.8	11.5
90	11.2	12.6	12.2	14.2	12.2	13.6	12.2	13.4	12.2	14.5	12.7	13.5	13.2	14.2	11.7	12.5	12.2	13.2
100	8.89	12.8	13.4	14.8	12.7	13.4	12.8	14.3	13.4	15.3	12.6	14.2	14.5	15.3	12.4	13.6	12.8	14.2
Average	11.8	14.1	12.0	14.2	12.2	13.7	12.2	13.7	12.3	14.2	12.3	14.6	12.8	15.4	11.9	13.5	12.9	15.0
SD	2.18	2.46	0.90	1.75	1.10	1.49	1.08	1.16	0.67	1.03	1.01	2.23	1.10	1.92	0.83	0.99	1.17	2.10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.4 แสดงค่าความเค็มของน้ำเข้า และน้ำออกในบ่อทดลองตลอดระยะเวลาในการทดลอง (ppt)

ระดับน้ำ	0.10 เมตร						0.15 เมตร						0.20 เมตร					
การทดลอง	แฝกหอม		แฝกดอน		ไม่มีพืช		แฝกหอม		แฝกดอน		ไม่มีพืช		แฝกหอม		แฝกดอน		ไม่มีพืช	
ระยะเวลา(วัน)	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
10	8.90	8.90	8.90	8.30	8.90	9.70	8.70	8.40	8.80	7.30	8.80	9.30	8.70	9.20	8.80	7.10	8.90	10.00
20	8.90	8.20	8.90	6.90	8.80	7.50	8.90	7.30	8.90	6.50	8.80	8.00	8.70	8.00	8.80	7.00	8.70	8.70
30	8.20	6.60	8.20	5.50	8.30	7.50	8.20	6.70	8.20	6.10	8.30	7.40	8.20	7.30	8.20	6.10	8.30	8.20
40	8.20	6.10	8.30	5.10	8.20	7.30	8.30	6.00	8.30	4.50	7.50	7.00	8.30	6.60	8.30	3.50	8.30	7.60
50	7.90	8.50	7.90	6.00	7.80	9.00	7.80	8.00	7.80	6.50	7.90	9.30	7.90	8.20	7.90	5.40	7.90	9.50
60	7.30	4.30	7.60	6.20	7.40	9.10	7.30	9.30	7.30	8.10	7.60	10.03	7.30	9.60	7.40	7.20	7.40	10.02
70	7.30	10.16	7.30	10.10	7.30	10.00	7.30	9.50	7.40	9.00	7.30	10.13	7.30	10.12	7.30	8.30	7.30	10.07
80	6.00	5.20	6.10	3.90	6.10	5.20	6.10	6.40	6.00	5.40	6.00	6.50	6.00	5.20	6.00	4.10	6.00	6.50
90	7.30	6.30	7.20	4.10	7.20	6.50	7.20	6.40	7.20	6.40	7.40	7.20	6.90	5.80	7.20	5.60	7.50	8.60
100	7.30	4.90	7.20	2.80	7.30	4.70	7.20	4.70	7.40	4.70	7.30	6.00	7.30	4.30	7.10	4.20	7.30	6.60
Average	7.73	6.92	7.76	5.89	7.73	7.65	7.70	7.27	7.73	6.45	7.69	8.09	7.66	7.43	7.70	5.85	7.76	8.58
SD	0.88	1.93	0.86	2.16	0.85	1.82	0.85	1.53	0.87	1.42	0.83	1.50	0.86	1.95	0.87	1.58	0.85	1.35

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

ข้อมูลการเจริญเติบโต ทางด้านน้ำหนักแห้ง ความสูง และ
การสะสมโครเมียมในส่วนต่างๆ ของหญ้าแฝก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.1 แสดงน้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)/ต้น

ระดับน้ำ (เมตร) / ระยะเวลา (วัน)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง (กรัม)/ต้น ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	0.10 เมตร	0.15 เมตร	0.20 เมตร
10	5.97 ± 2.04	5.45 ± 0.49	5.30 ± 1.12
20	5.42 ± 2.07	5.96 ± 0.27	5.20 ± 0.44
30	7.56 ± 0.75	7.48 ± 0.56	6.54 ± 0.34
40	8.05 ± 1.84	6.38 ± 0.68	7.81 ± 0.95
50	9.63 ± 1.20	7.31 ± 0.51	7.46 ± 0.51
60	10.60 ± 0.71	9.74 ± 0.25	8.72 ± 0.43
70	11.38 ± 1.34	10.21 ± 0.18	9.78 ± 0.17
80	11.85 ± 2.12	10.63 ± 0.76	10.22 ± 0.17
90	13.11 ± 0.08	11.17 ± 0.19	10.29 ± 0.39
100	14.19 ± 0.80	12.58 ± 0.30	11.32 ± 0.47

ตารางที่ จ.2 แสดงน้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)/ต้น

ระดับน้ำ (เมตร) / ระยะเวลา (วัน)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง (กรัม)/ต้น ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	0.10 เมตร	0.15 เมตร	0.20 เมตร
10	9.07 ± 0.77	10.37 ± 0.14	9.43 ± 0.54
20	9.77 ± 1.17	11.67 ± 0.43	9.72 ± 0.81
30	8.65 ± 0.98	12.11 ± 0.86	11.20 ± 0.41
40	9.67 ± 0.28	11.56 ± 2.17	11.75 ± 1.41
50	11.85 ± 0.25	11.07 ± 0.88	12.15 ± 0.72
60	10.99 ± 0.59	15.01 ± 1.29	12.16 ± 0.66
70	16.76 ± 0.71	14.98 ± 1.54	12.33 ± 0.87
80	18.12 ± 1.80	15.70 ± 2.07	12.67 ± 0.56
90	20.38 ± 0.37	14.03 ± 0.33	12.75 ± 0.31
100	21.89 ± 1.06	16.47 ± 0.35	13.53 ± 0.34

ตารางที่ จ.3 แสดงน้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)/ต้น

ระดับน้ำ (เมตร) / ระยะเวลา (วัน)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง (กรัม)/ต้น ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	0.10 เมตร	0.15 เมตร	0.20 เมตร
10	5.13 ± 1.19	5.04 ± 0.12	4.41 ± 0.86
20	5.19 ± 0.19	4.99 ± 0.80	4.44 ± 0.73
30	5.01 ± 0.56	5.57 ± 1.04	5.17 ± 0.71
40	6.54 ± 1.03	6.34 ± 0.13	6.28 ± 0.89
50	6.64 ± 0.59	6.63 ± 0.33	7.29 ± 0.42
60	7.66 ± 0.34	7.48 ± 0.43	8.20 ± 0.26
70	9.70 ± 0.22	7.96 ± 0.18	10.03 ± 0.67
80	10.33 ± 0.27	9.59 ± 0.42	10.47 ± 0.18
90	11.85 ± 0.11	10.26 ± 0.32	11.27 ± 0.17
100	12.89 ± 0.16	11.94 ± 0.43	11.60 ± 0.36

ตารางที่ จ.4 แสดงน้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)/ต้น

ระดับน้ำ (เมตร) / ระยะเวลา (วัน)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง (กรัม)/ต้น ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	0.10 เมตร	0.15 เมตร	0.20 เมตร
10	8.94 ± 0.24	7.63 ± 1.01	8.15 ± 1.09
20	8.91 ± 0.19	7.67 ± 0.98	8.78 ± 0.63
30	9.33 ± 0.72	8.68 ± 0.73	9.04 ± 0.29
40	9.91 ± 0.56	9.46 ± 0.17	9.76 ± 0.28
50	11.49 ± 0.49	10.30 ± 0.52	10.44 ± 0.40
60	13.22 ± 0.42	10.84 ± 0.77	10.65 ± 0.71
70	15.35 ± 0.84	12.76 ± 0.30	12.06 ± 0.09
80	17.60 ± 0.52	13.70 ± 0.21	13.29 ± 0.64
90	20.34 ± 0.36	14.82 ± 0.32	14.00 ± 0.53
100	22.02 ± 0.70	15.46 ± 0.35	14.31 ± 0.05

ตารางที่ จ.5 แสดงการเติบโตเฉลี่ยด้านน้ำหนักแห้งหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีในบ่อทดลองเปรียบเทียบกับบ่อควบคุมที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)/ต้น

ระดับน้ำ (เมตร)	0.10 เมตร		0.15 เมตร		0.20 เมตร	
ระยะเวลา (วัน)	บ่อทดลอง	บ่อควบคุม	บ่อทดลอง	บ่อควบคุม	บ่อทดลอง	บ่อควบคุม
10	5.97	5.13	5.45	5.04	5.30	4.41
20	5.42	5.19	5.96	4.99	5.19	4.44
30	7.56	5.01	7.48	5.57	6.54	5.17
40	8.05	6.54	6.38	6.34	7.81	6.28
50	9.63	6.64	7.31	6.63	7.46	7.29
60	10.60	7.66	9.74	7.48	8.72	8.20
70	11.38	9.70	10.21	7.96	9.78	10.03
80	11.85	10.33	10.63	9.59	10.22	10.47
90	13.11	11.85	11.17	10.26	10.29	11.27
100	14.19	12.89	12.58	11.94	11.32	11.60

ตารางที่ จ.6 แสดงการเติบโตเฉลี่ยด้านน้ำหนักแห้งหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ในบ่อทดลองเปรียบเทียบกับบ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)/ต้น

ระดับน้ำ (เมตร)	0.10 เมตร		0.15 เมตร		0.20 เมตร	
ระยะเวลา (วัน)	บ่อทดลอง	บ่อควบคุม	บ่อทดลอง	บ่อควบคุม	บ่อทดลอง	บ่อควบคุม
10	9.07	8.94	10.37	7.63	9.43	8.15
20	9.77	8.91	11.67	7.67	9.72	8.78
30	8.65	9.33	12.11	8.68	11.20	9.04
40	9.67	9.91	11.56	9.46	11.75	9.76
50	11.85	11.49	11.07	10.30	12.15	10.44
60	10.99	13.22	15.01	10.84	12.16	10.65
70	16.76	15.35	14.98	12.76	12.33	12.06
80	18.12	17.60	15.70	13.70	12.67	13.29
90	20.38	20.34	14.03	14.82	12.75	14.00
100	21.89	22.02	16.47	15.46	13.53	14.31

ตารางที่ จ.7 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบ ส่วนราก และส่วนดอกของบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง

ระดับน้ำ (เมตร)	ส่วน	น้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (กรัม)									
		10 วัน	20วัน	30วัน	40วัน	50วัน	60วัน	70วัน	80วัน	90วัน	100วัน
0.10 เมตร	ใบ	3.9467	3.7420	5.4685	5.3526	6.7511	7.9244	8.1010	8.7600	9.7440	10.4009
	ราก	2.0184	1.0114	2.0887	2.6987	2.8761	2.6724	3.2759	3.0948	3.3647	3.7895
	ดอก	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
0.15 เมตร	ใบ	2.7743	4.2174	5.2275	4.0417	4.9072	7.5512	7.5820	8.8703	8.9409	7.2966
	ราก	1.3299	0.9127	2.2483	2.3420	2.4011	2.5188	2.8180	2.6266	2.5082	2.9177
	ดอก	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
0.20 เมตร	ใบ	3.6405	3.5111	4.3702	5.5072	5.3327	6.3552	7.3143	8.0192	8.2306	8.7609
	ราก	1.6585	1.6789	2.1698	2.2981	2.1317	2.3638	2.4557	2.2673	2.2361	2.5623
	ดอก	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

หมายเหตุ : NO คือไม่มีการออกดอก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.8 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบ ส่วนราก และส่วนดอกของบ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง

ระดับน้ำ (เมตร)	ส่วน	น้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (กรัม)									
		10 วัน	20วัน	30วัน	40วัน	50วัน	60วัน	70วัน	80วัน	90วัน	100วัน
0.10 เมตร	ใบ	6.5010	6.5357	6.2861	6.9711	9.0108	6.5214	11.1973	11.9805	13.7009	14.2404
	ราก	2.5688	3.2366	2.3595	2.6953	2.8426	4.4653	5.5583	6.1428	7.4883	7.6578
	ดอก	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	2.5432	2.4381	NO
0.15 เมตร	ใบ	7.9701	9.0607	9.2851	9.0701	8.0521	11.5505	11.6219	12.5714	10.4061	12.3195
	ราก	2.3962	2.6122	2.8296	2.4914	3.0154	3.4623	3.3567	3.1317	3.6199	4.1543
	ดอก	NO	NO	NO	NO	NO	2.8524	NO	NO	NO	NO
0.20 เมตร	ใบ	6.9342	7.4115	8.7987	9.0230	8.0634	8.8871	9.9008	10.5860	9.6469	8.8769
	ราก	2.4996	2.3035	3.3631	3.1279	3.1410	3.4399	2.8507	2.9430	3.0271	2.8693
	ดอก	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

หมายเหตุ : NO คือไม่มีการออกดอก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.9 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบ ส่วนราก และส่วนดอกของบ่อควบคุมหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง

ระดับน้ำ (เมตร)	ส่วน	น้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (กรัม)									
		10 วัน	20วัน	30วัน	40วัน	50วัน	60วัน	70วัน	80วัน	90วัน	100วัน
0.10 เมตร	ใบ	3.5718	3.5522	3.1929	4.2078	4.2235	4.9713	6.5812	6.9027	7.3148	7.9965
	ราก	1.5587	1.6373	1.8191	2.3367	2.4122	2.6903	3.1376	3.8010	4.1640	4.4739
	ดอก	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
0.15 เมตร	ใบ	3.6599	3.4382	3.9278	4.5068	4.6057	5.0076	4.7361	6.4521	6.5380	7.6807
	ราก	1.3823	1.5542	1.6421	1.8376	2.0207	2.4677	3.2193	3.1335	3.7187	4.2582
	ดอก	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
0.20 เมตร	ใบ	2.8872	2.9002	3.2054	4.2042	5.1152	5.9442	7.7652	8.4796	9.6691	10.1318
	ราก	1.5279	1.5401	1.9684	2.0730	2.1743	2.2556	2.2632	2.4597	2.4645	2.5041
	ดอก	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.10 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบ ส่วนราก และส่วนดอกของบ่อควบคุมหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง

ระดับน้ำ (เมตร)	ส่วน	น้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (กรัม)									
		10 วัน	20วัน	30วัน	40วัน	50วัน	60วัน	70วัน	80วัน	90วัน	100วัน
0.10 เมตร	ใบ	6.6551	6.6343	6.6384	7.0014	7.9725	9.0959	10.6695	11.4145	12.9255	14.8834
	ราก	2.2814	2.2745	2.6847	2.9045	3.5163	4.1275	4.6806	6.1885	7.4315	7.1373
	ดอก	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
0.15 เมตร	ใบ	5.3778	5.2161	6.2335	6.7924	7.5810	8.0767	9.7240	10.2648	10.8437	10.4654
	ราก	2.2476	2.4482	2.4514	2.6703	2.7056	2.7671	3.0354	3.4350	3.9729	4.6946
	ดอก	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
0.20 เมตร	ใบ	5.7972	6.1941	6.5918	7.1165	7.2720	7.1212	8.8652	10.0013	10.7077	10.8104
	ราก	2.3481	2.5890	2.4488	2.6400	3.1678	3.5299	3.1906	3.2787	3.2823	3.4896
	ดอก	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.11 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)

ระดับน้ำ	0.10 เมตร			ค่าเฉลี่ย	SD
ระยะเวลา (วัน)	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3		
10	5.2327	8.2718	4.3909	5.97	2.04
20	3.8651	7.7659	4.6291	5.42	2.07
30	8.3257	6.8238	7.5221	7.56	0.75
40	8.1656	9.8318	6.1564	8.05	1.84
50	9.7548	10.7608	8.3661	9.63	1.20
60	11.0738	10.9329	9.7837	10.60	0.71
70	12.9202	10.4558	10.7548	11.38	1.34
80	10.1333	14.2271	11.2039	11.85	2.12
90	13.0230	13.1914	13.1118	13.11	0.08
100	14.1909	14.9846	13.3886	14.19	0.80

ตารางที่ จ.12 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ระดับน้ำ 0.15 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)

ระดับน้ำ	0.15 เมตร			ค่าเฉลี่ย	SD
ระยะเวลา (วัน)	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3		
10	5.0068	5.9663	5.3396	5.44	0.49
20	5.6612	6.1945	6.0318	5.96	0.27
30	6.8721	7.5749	7.9805	7.48	0.56
40	6.8096	6.7456	5.5958	6.38	0.68
50	7.1373	6.9086	7.8791	7.31	0.51
60	9.9017	9.4508	9.8611	9.74	0.25
70	10.0916	10.1366	10.4147	10.21	0.18
80	11.2091	10.9247	12.3571	11.50	0.76
90	11.0692	11.3900	11.0467	11.17	0.19
100	12.8016	12.2366	12.7147	12.58	0.30

ตารางที่ จ.13 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อทดลองหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 0.20 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)

ระดับน้ำ	0.20 เมตร			ค่าเฉลี่ย	SD
ระยะเวลา (วัน)	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3		
10	4.5225	4.7867	6.5877	5.30	1.12
20	5.0550	5.6874	4.8501	5.20	0.44
30	6.6551	6.8040	6.1606	6.54	0.34
40	7.9828	6.7812	8.6519	7.81	0.95
50	6.9678	7.4369	7.9883	7.46	0.51
60	8.2358	9.0451	8.8761	8.72	0.43
70	9.6721	9.6841	9.9702	9.78	0.17
80	10.1883	10.0725	10.4055	10.22	0.17
90	9.8791	10.6548	10.3257	10.29	0.39
100	11.7043	11.4665	10.8016	11.32	0.47

ตารางที่ จ.14 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อทดลองหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)

ระดับน้ำ	0.10 เมตร			ค่าเฉลี่ย	SD
ระยะเวลา (วัน)	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3		
10	9.4889	8.1775	9.5428	9.07	0.77
20	9.2855	8.9212	11.1101	9.77	1.17
30	9.2221	9.2018	7.5130	8.65	0.98
40	9.5126	9.9867	9.4998	9.67	0.28
50	11.6415	12.1350	11.7837	11.85	0.25
60	10.8998	10.4432	11.6172	10.99	0.59
70	16.3197	17.5770	16.3701	16.76	0.71
80	18.4442	16.1863	19.7395	18.12	1.80
90	20.6628	19.9552	20.5117	20.38	0.37
100	21.8441	22.9752	20.8467	21.89	1.06

ตารางที่ จ.17 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อควบคุมหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)

ระดับน้ำ	0.10 เมตร			ค่าเฉลี่ย	SD
ระยะเวลา (วัน)	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3		
10	6.4277	4.8799	4.0840	5.13	1.19
20	5.3480	4.9841	5.2363	5.19	0.19
30	4.6144	5.6508	4.7709	5.01	0.56
40	5.6933	7.6841	6.2556	6.54	1.03
50	7.0820	6.8524	5.9722	6.64	0.59
60	7.8064	7.2682	7.9105	7.66	0.34
70	9.4515	9.8701	9.7635	9.70	0.22
80	10.0471	10.5752	10.3804	10.33	0.27
90	11.9763	11.7535	11.8247	11.85	0.11
100	12.7351	12.8907	13.0551	12.89	0.16

ตารางที่ จ.18 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อควบคุมหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 0.15 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)

ระดับน้ำ	0.15 เมตร			ค่าเฉลี่ย	SD
ระยะเวลา (วัน)	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3		
10	5.0970	5.1291	4.9003	5.04	0.12
20	4.5856	5.9104	4.4813	4.99	0.80
30	4.4094	5.9012	6.3990	5.57	1.04
40	6.3752	6.4601	6.1979	6.34	0.13
50	6.2455	6.7985	6.8357	6.63	0.33
60	7.0178	7.8836	7.5245	7.48	0.43
70	8.1611	7.8594	7.8455	7.96	0.18
80	9.1058	9.7539	9.8971	9.59	0.42
90	9.9256	10.2824	10.5623	10.26	0.32
100	11.4375	12.1924	12.1869	11.94	0.43

ตารางที่ จ.19 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อควบคุมหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 0.20 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)

ระดับน้ำ	0.20 เมตร			ค่าเฉลี่ย	SD
ระยะเวลา (วัน)	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3		
10	4.5867	3.4818	5.1707	4.41	0.86
20	3.6236	4.6678	5.0295	4.44	0.73
30	4.6935	5.9880	4.8400	5.17	0.71
40	5.2468	6.7765	6.8082	6.28	0.89
50	7.3981	7.6443	6.8262	7.29	0.42
60	8.3464	7.9013	8.3516	8.20	0.26
70	9.4515	9.8701	10.7635	10.03	0.67
80	10.3471	10.6752	10.3954	10.47	0.18
90	11.0891	11.2705	11.4371	11.27	0.17
100	11.2507	11.5861	11.9604	11.60	0.36

ตารางที่ จ.20 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อควบคุมหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)

ระดับน้ำ	0.10 เมตร			ค่าเฉลี่ย	SD
ระยะเวลา (วัน)	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3		
10	9.1201	9.0277	8.6618	8.94	0.24
20	8.7651	8.8369	9.1244	8.91	0.19
30	9.7661	8.4971	9.7262	9.33	0.72
40	9.8535	9.3703	10.4940	9.91	0.56
50	10.9720	11.5540	11.9404	11.49	0.49
60	12.8517	13.1343	13.6843	13.22	0.42
70	14.4101	15.6076	16.0326	15.35	0.84
80	17.2097	18.1971	17.4022	17.60	0.52
90	19.9945	20.3034	20.7131	20.34	0.36
100	21.2625	22.6402	22.1595	22.02	0.70

ตารางที่ จ.21 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อควบคุมหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 0.15 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)

ระดับน้ำ	0.15 เมตร			ค่าเฉลี่ย	SD
ระยะเวลา (วัน)	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3		
10	8.7237	7.4260	6.7264	7.63	1.01
20	7.5560	8.6974	6.7497	7.67	0.98
30	8.4530	8.0972	9.5044	8.68	0.73
40	9.2974	9.4532	9.6376	9.46	0.17
50	10.0534	10.8948	9.9415	10.30	0.52
60	11.4122	11.1545	9.9648	10.84	0.77
70	12.4239	12.8607	12.9947	12.76	0.30
80	13.5542	13.9459	13.5993	13.70	0.21
90	14.6564	15.1832	14.6100	14.82	0.32
100	15.6172	15.0687	15.7068	15.46	0.35

ตารางที่ จ.22 แสดงน้ำหนักแห้งของบ่อควบคุมหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 0.20 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (กรัม)

ระดับน้ำ	0.20 เมตร			ค่าเฉลี่ย	SD
ระยะเวลา (วัน)	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3		
10	9.3608	7.8218	7.2533	8.15	1.09
20	8.0759	8.9766	9.2968	8.78	0.63
30	9.3524	8.7910	8.9782	9.04	0.29
40	9.4620	9.7957	10.0119	9.76	0.28
50	10.0014	10.5461	10.7719	10.44	0.40
60	11.1378	9.8331	10.9824	10.65	0.71
70	12.0755	12.1316	11.9602	12.06	0.09
80	13.2946	13.9224	12.6399	13.29	0.64
90	14.3474	13.3849	14.2545	14.00	0.53
100	14.2577	14.3621	14.2988	14.31	0.05

ตารางที่ จ.23 แสดงความสูงเฉลี่ยทั้งต้นของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)/ต้น

ระดับน้ำ (เมตร) / ระยะเวลา (วัน)	ค่าเฉลี่ยความสูง (เซนติเมตร) / ต้น ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	0.10 เมตร	0.15 เมตร	0.20 เมตร
10	71.51 ± 2.20	71.00 ± 3.29	71.83 ± 4.32
20	79.17 ± 2.99	77.13 ± 1.83	79.43 ± 6.28
30	88.73 ± 6.24	83.23 ± 1.99	83.27 ± 7.17
40	89.03 ± 6.01	87.00 ± 1.37	89.93 ± 4.21
50	92.27 ± 2.67	90.43 ± 2.86	97.70 ± 5.03
60	93.17 ± 4.51	91.57 ± 3.66	101.93 ± 5.32
70	106.47 ± 5.11	98.53 ± 2.89	98.90 ± 2.51
80	113.07 ± 3.71	102.00 ± 3.70	102.60 ± 1.71
90	121.63 ± 3.11	114.10 ± 1.35	103.20 ± 0.70
100	128.30 ± 2.26	116.40 ± 2.55	103.80 ± 0.85

ตารางที่ จ.24 แสดงความสูงเฉลี่ยทั้งต้นของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)/ต้น

ระดับน้ำ (เมตร) / ระยะเวลา (วัน)	ค่าเฉลี่ยความสูง (เซนติเมตร) / ต้น ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	0.10 เมตร	0.15 เมตร	0.20 เมตร
10	90.13 ± 4.88	94.20 ± 7.14	89.07 ± 3.15
20	109.10 ± 1.51	97.03 ± 6.00	96.10 ± 4.71
30	104.23 ± 1.62	103.40 ± 3.90	99.50 ± 4.18
40	113.97 ± 4.24	106.93 ± 2.30	103.27 ± 2.25
50	121.83 ± 3.40	114.77 ± 5.93	112.53 ± 4.65
60	130.97 ± 2.27	122.87 ± 7.54	114.37 ± 3.56
70	138.23 ± 2.55	125.13 ± 6.77	118.90 ± 3.63
80	149.63 ± 3.61	128.67 ± 3.67	122.37 ± 2.01
90	157.13 ± 4.44	136.20 ± 4.11	124.73 ± 1.78
100	163.70 ± 4.13	142.10 ± 2.81	127.43 ± 2.75

ตารางที่ จ.25 แสดงความสูงเฉลี่ยทั้งต้นของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)/ต้น

ระดับน้ำ (เมตร) / ระยะเวลา (วัน)	ค่าเฉลี่ยความสูง (เซนติเมตร) / ต้น ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	0.10 เมตร	0.15 เมตร	0.20 เมตร
10	76.17 ± 4.02	75.50 ± 2.95	77.03 ± 2.90
20	78.23 ± 2.57	77.73 ± 1.43	83.67 ± 5.15
30	85.10 ± 1.04	79.57 ± 3.30	86.30 ± 4.48
40	97.40 ± 1.10	85.43 ± 1.88	90.47 ± 1.23
50	102.73 ± 3.69	95.73 ± 1.50	93.30 ± 1.65
60	114.17 ± 5.08	101.10 ± 1.81	98.60 ± 2.42
70	117.90 ± 3.20	125.13 ± 2.25	102.10 ± 2.55
80	126.63 ± 5.45	111.87 ± 2.56	103.20 ± 3.34
90	131.90 ± 4.07	117.90 ± 2.84	108.93 ± 3.88
100	134.57 ± 0.78	130.57 ± 2.95	112.77 ± 4.94

ตารางที่ จ.26 แสดงความสูงเฉลี่ยทั้งต้นของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)/ต้น

ระดับน้ำ (เมตร) / ระยะเวลา (วัน)	ค่าเฉลี่ยความสูง (เซนติเมตร) / ต้น ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	0.10 เมตร	0.15 เมตร	0.20 เมตร
10	95.13 ± 3.26	93.60 ± 4.00	92.30 ± 2.72
20	102.73 ± 2.83	98.93 ± 2.38	99.93 ± 1.50
30	108.67 ± 3.52	105.83 ± 3.17	103.37 ± 5.18
40	118.37 ± 3.20	110.90 ± 5.57	107.23 ± 6.84
50	129.60 ± 4.62	115.37 ± 6.45	108.43 ± 5.90
60	143.97 ± 4.09	128.10 ± 4.46	111.60 ± 7.08
70	151.43 ± 6.96	129.07 ± 3.12	116.97 ± 3.25
80	161.77 ± 3.86	132.77 ± 6.19	124.70 ± 2.35
90	165.30 ± 4.05	138.20 ± 3.35	127.10 ± 1.92
100	168.67 ± 2.67	149.63 ± 1.50	130.77 ± 2.65

ตารางที่ จ. 27 แสดงการเติบโตเฉลี่ยด้านความสูงของหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีในบ่อทดลองเปรียบเทียบกับบ่อควบคุมที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)/ต้น

ระดับน้ำ (เมตร)	0.10 เมตร		0.15 เมตร		0.20 เมตร	
ระยะเวลา (วัน)	บ่อทดลอง	บ่อควบคุม	บ่อทดลอง	บ่อควบคุม	บ่อทดลอง	บ่อควบคุม
10	71.50	76.17	71.00	75.50	71.83	77.03
20	79.17	78.23	77.13	77.73	79.43	83.67
30	88.73	85.10	83.23	79.57	83.27	86.30
40	89.03	97.40	87.00	85.43	89.93	90.47
50	92.27	102.73	90.43	95.73	97.70	93.30
60	93.17	114.17	91.57	101.10	101.93	98.60
70	106.47	117.90	98.53	111.87	98.90	102.10
80	113.07	126.63	102.00	117.90	102.60	103.20
90	121.63	131.90	114.10	127.67	103.20	108.93
100	128.30	134.57	116.40	130.57	103.67	112.77

ตารางที่ จ.28 แสดงการเติบโตเฉลี่ยด้านความสูงของหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ในบ่อทดลองเปรียบเทียบกับบ่อควบคุม ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)/ต้น

ระดับน้ำ (เมตร)	0.10 เมตร		0.15 เมตร		0.20 เมตร	
ระยะเวลา (วัน)	บ่อทดลอง	บ่อควบคุม	บ่อทดลอง	บ่อควบคุม	บ่อทดลอง	บ่อควบคุม
10	90.13	95.13	94.20	93.60	89.07	92.30
20	109.10	102.73	97.03	98.93	96.10	99.93
30	104.23	108.67	103.40	105.83	99.50	103.37
40	113.97	118.37	106.93	110.90	103.27	107.23
50	121.83	129.60	114.77	115.37	112.53	108.43
60	130.97	143.97	122.87	128.10	114.37	111.60
70	138.23	151.43	125.13	129.07	118.90	116.97
80	149.63	161.77	128.67	132.77	122.27	124.70
90	157.13	165.30	136.20	138.20	124.73	127.10
100	163.70	168.67	142.10	149.63	127.43	130.77

ตารางที่ จ.29 แสดงความสูงของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)

ระดับน้ำ	0.10 เมตร			ค่าเฉลี่ย	SD
ระยะเวลา (วัน)	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3		
10	69.3	71.5	73.7	71.50	2.20
20	80.2	75.8	81.5	79.17	2.99
30	87.5	95.5	83.2	88.73	6.24
40	95.2	88.7	83.2	89.03	6.01
50	91.2	95.3	90.3	92.27	2.67
60	89.5	91.8	98.2	93.17	4.51
70	112.3	102.8	104.3	106.47	5.11
80	112.3	109.8	117.1	113.07	3.71
90	119.5	125.2	120.2	121.63	3.11
100	125.8	130.2	128.9	128.30	2.26

ตารางที่ จ.30 แสดงความสูงของบ่อทดลองหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 0.15 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)

ระดับน้ำ	0.15 เมตร			ค่าเฉลี่ย	SD
ระยะเวลา (วัน)	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3		
10	72.1	73.6	67.3	71.00	3.29
20	75.7	79.2	76.5	77.13	1.83
30	81.5	85.4	82.8	83.23	1.99
40	85.5	88.2	87.3	87.00	1.37
50	89.2	93.7	88.4	90.43	2.86
60	87.6	94.8	92.3	91.57	3.66
70	101.8	96.3	97.5	98.53	2.89
80	97.8	103.4	104.8	102.00	3.70
90	114.2	112.7	115.4	114.10	1.35
100	118.3	117.4	113.5	116.40	2.55

ตารางที่ จ.35 แสดงความสูงของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)

ระดับน้ำ	0.10 เมตร			ค่าเฉลี่ย	SD
ระยะเวลา (วัน)	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3		
10	71.7	79.5	77.3	76.17	4.02
20	80.4	78.9	75.4	78.23	2.57
30	84.5	84.5	86.3	85.10	1.04
40	96.3	98.5	97.4	97.40	1.10
50	98.5	104.4	105.3	102.73	3.69
60	108.5	118.3	115.7	114.17	5.08
70	115.4	121.5	116.8	117.90	3.20
80	126.4	121.3	132.2	126.63	5.45
90	131.4	128.1	136.2	131.90	4.07
100	133.7	135.2	134.8	134.57	0.78

ตารางที่ จ.36 แสดงความสูงของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 0.15 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)

ระดับน้ำ	0.15 เมตร			ค่าเฉลี่ย	SD
ระยะเวลา (วัน)	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3		
10	72.6	75.4	78.5	75.50	2.95
20	79.3	76.5	77.4	77.73	1.43
30	75.9	80.5	82.3	79.57	3.30
40	83.4	85.8	87.1	85.43	1.88
50	94.5	95.3	97.4	95.73	1.50
60	102.8	99.2	101.3	101.10	1.81
70	109.3	112.8	113.5	111.87	2.25
80	120.3	115.2	118.2	117.90	2.56
90	128.2	124.6	130.2	127.67	2.84
100	127.2	132.7	131.8	130.57	2.95

ตารางที่ จ.37 แสดงความสูงของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 0.20 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)

ระดับน้ำ	0.20 เมตร			ค่าเฉลี่ย	SD
ระยะเวลา (วัน)	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3		
10	76.4	80.2	74.5	77.03	2.90
20	82.5	89.3	79.2	83.67	5.15
30	87.3	90.2	81.4	86.30	4.48
40	89.1	91.5	90.8	90.47	1.23
50	92.3	95.2	92.4	93.30	1.65
60	101.2	98.2	96.4	98.60	2.42
70	99.3	104.3	102.7	102.10	2.55
80	102.6	100.2	106.8	103.20	3.34
90	104.8	109.5	112.5	108.93	3.88
100	110.7	118.4	109.2	112.77	4.94

ตารางที่ จ.38 แสดงความสูงของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 0.10 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)

ระดับน้ำ	0.10 เมตร			ค่าเฉลี่ย	SD
ระยะเวลา (วัน)	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3		
10	94.4	98.7	92.3	95.13	3.26
20	103.2	99.7	105.3	102.73	2.83
30	105.4	108.2	112.4	108.67	3.52
40	118.3	121.6	115.2	118.37	3.20
50	134.7	125.7	128.4	129.60	4.62
60	145.2	147.3	139.4	143.97	4.09
70	143.7	153.4	157.2	151.43	6.96
80	157.4	163.2	164.7	161.77	3.86
90	165.2	169.4	161.3	165.30	4.05
100	171.5	168.3	166.2	168.67	2.67

ตารางที่ จ.39 แสดงความสูงของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 0.15 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)

ระดับน้ำ	0.15 เมตร			ค่าเฉลี่ย	SD
ระยะเวลา (วัน)	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3		
10	89.5	93.8	97.5	93.60	4.00
20	101.5	98.5	96.8	98.93	2.38
30	108.8	106.2	102.5	105.83	3.17
40	115.7	112.2	104.8	110.90	5.57
50	108.5	121.3	116.3	115.37	6.45
60	132.4	128.4	123.5	128.10	4.46
70	132.5	126.4	128.3	129.07	3.12
80	135.4	137.2	125.7	132.77	6.19
90	134.8	141.5	138.3	138.20	3.35
100	148.2	149.5	151.2	149.63	1.50

ตารางที่ จ.40 แสดงความสูงของบ่อควบคุมหญ้าแฝกสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 0.20 เมตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง (เซนติเมตร)

ระดับน้ำ	0.20 เมตร			ค่าเฉลี่ย	SD
ระยะเวลา (วัน)	ต้นที่ 1	ต้นที่ 2	ต้นที่ 3		
10	91.2	90.3	95.4	92.30	2.72
20	101.5	98.5	99.8	99.93	1.50
30	97.5	105.3	107.3	103.37	5.18
40	112.5	109.7	99.5	107.23	6.84
50	108.5	114.3	102.5	108.43	5.90
60	104.2	118.3	112.3	111.60	7.08
70	120.7	115.4	114.8	116.97	3.25
80	122.4	124.6	127.1	124.70	2.35
90	125.8	129.3	126.2	127.10	1.92
100	130.6	133.5	128.2	130.77	2.65

ตารางที่ จ.43 ปริมาณการสะสมโครเมียมที่พบในรากของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (mg/kg)

ระดับน้ำ (เมตร)	ปริมาณการสะสมโครเมียมที่พบในรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (mg/kg)									
	10 วัน	20วัน	30วัน	40วัน	50วัน	60วัน	70วัน	80วัน	90วัน	100วัน
0.10 เมตร	0.229	0.238	0.241	0.239	0.242	0.25	0.263	0.247	0.288	0.301
0.15 เมตร	0.245	0.261	0.265	0.274	0.298	0.317	0.330	0.345	0.357	0.369
0.20 เมตร	0.303	0.305	0.315	0.326	0.337	0.351	0.367	0.390	0.427	0.448

ตารางที่ จ.44 ปริมาณการสะสมโครเมียมที่พบในรากของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (mg/kg)

ระดับน้ำ (เมตร)	ปริมาณการสะสมโครเมียมที่พบในรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (mg/kg)									
	10 วัน	20วัน	30วัน	40วัน	50วัน	60วัน	70วัน	80วัน	90วัน	100วัน
0.10 เมตร	0.120	0.124	0.127	0.131	0.133	0.137	0.148	0.160	0.169	0.178
0.15 เมตร	0.125	0.127	0.128	0.132	0.139	0.155	0.167	0.182	0.194	0.210
0.20 เมตร	0.236	0.243	0.248	0.251	0.255	0.263	0.272	0.284	0.296	0.304

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.41 ปริมาณการสะสมโครเมียมที่พบในใบของหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (mg/kg)

ระดับน้ำ (เมตร)	ปริมาณการสะสมโครเมียมที่พบในใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (mg/kg)									
	10 วัน	20วัน	30วัน	40วัน	50วัน	60วัน	70วัน	80วัน	90วัน	100วัน
0.10 เมตร	0.135	0.139	0.144	0.152	0.155	0.157	0.155	0.147	0.141	0.137
0.15 เมตร	0.204	0.206	0.213	0.217	0.214	0.211	0.210	0.207	0.201	0.197
0.20 เมตร	0.224	0.233	0.239	0.235	0.241	0.237	0.230	0.223	0.218	0.210

ตารางที่ จ.42 ปริมาณการสะสมโครเมียมที่พบในใบของหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่ระดับน้ำ 3 ระดับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง (mg/kg)

ระดับน้ำ (เมตร)	ปริมาณการสะสมโครเมียมที่พบในใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (mg/kg)									
	10 วัน	20วัน	30วัน	40วัน	50วัน	60วัน	70วัน	80วัน	90วัน	100วัน
0.10 เมตร	0.113	0.115	0.120	0.122	0.125	0.124	0.119	0.115	0.112	0.108
0.15 เมตร	0.112	0.116	0.120	0.124	0.121	0.119	0.114	0.112	0.108	0.105
0.20 เมตร	0.121	0.125	0.130	0.134	0.133	0.128	0.127	0.124	0.120	0.117

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

.ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววงศ์พงา เส็งสาย เกิดเมื่อวันที่ 21 สิงหาคม พ.ศ. 2517 ที่จังหวัดนนทบุรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา 2540 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2541

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย