ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอนในการดูดดึงแคดเมียมและสังกะสีออกจากดิน

นางสาวศศิธร ใฝ่สัจจะธรรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ISBN 974-14-2598-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFICIENCY OF *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash AND *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A.Camus IN CADMIUM AND ZINC REMOVAL FROM SOIL

MISS SASITHORN FAISATJATHAM

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science
(Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2006

ISBN 974-14-2598-8

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอนในการดูดดึงแคดเมียมและสังกะสีออกจากดิน

โดย นางสาวศศิธร ใฝ่สัจจะธรรม

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ธเรศ ศรีสถิตย์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

____________________ คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ม.ร.ว.กัลยา ติงศภัทิย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

____________________ ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

____________________ อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธเรศ ศรีสถิตย์)

____________________ กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เตือนใจ โก้สกุล)

____________________ กรรมการ

(อาจารย์ ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศศิธร ใฝ่สัจจะธรรม : ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอนในการดูดดึงแคดเมียมและสังกะสีออกจากดิน (EFFICIENCY OF *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash AND *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A.Camus IN CADMIUM AND ZINC REMOVAL FROM SOIL) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. ธเรศ ศรีสถิตย์ 215 หน้า ISBN 974-14-2598-8

การศึกษาประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมและสังกะสีออกจากดินของหญ้าแฝกสองกลุ่มพันธุ์ คือ แฝกลุ่มกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี และแฝกดอนกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ในกระถางที่มีการใส่สารประกอบ $Cd(NO)_3 2.4H_2O_2$ ที่ระดับความเข้มข้น 50 100 150 และ 200 mgCd/kgดิน(น้ำหนักแห้ง) และสารประกอบ $Zn(NO_3)_2.6H_2O$ ที่ระดับความเข้มข้น 500 1000 1500 และ 2000 mgZn/kgดิน(น้ำหนักแห้ง) และมีการเติม EDTA ร่วมด้วย โดยทำการทดลองที่ระยะเวลา 15 30 45 60 75 และ 90 วัน จากการศึกษาการเจริญเติบโตโดยการนับจำนวนต้นต่อกอ ความสูง และชั่งน้ำหนักแห้ง พบว่าหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่ทุกระดับความเข้มข้นและอยู่รอดร้อยละ 100 ของหญ้าแฝกที่ปลูกทั้งหมดในกระถางที่มีการเติมสารประกอบแคดเมียม สำหรับหญ้าแฝกที่ปลูกในกระถางที่มีการเติมสารประกอบสังกะสีกลับพบว่าหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์อยู่รอดเพียงร้อยละ 25 ของหญ้าแฝกที่ปลูกทั้งหมดโดยสามารถอยู่รอดได้ที่ระดับความเข้มข้น 500 mgZn/kgดิน หญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ในกระถางที่มีการเติมแคดเมียมและสังกะสีมีจำนวนต้นต่อกอ ความสูงและน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นและลดลงตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมและสังกะสีในดินที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีความสูงและน้ำหนักแห้งมากกว่ากลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี ขณะที่หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีความสามารถในด้านการแตกกอมากกว่ากลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

ในการสะสมแคดเมียมและสังกะสีของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ พบว่าหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีการสะสมแคดเมียมและสังกะสีเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมและสังกะสีในดินที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีการสะสมแคดเมียมและสังกะสีไว้ในส่วนรากมากกว่าส่วนใบกับลำต้น โดยกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีการสะสมมากกว่ากลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และจากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมและสังกะสีคิดเป็นร้อยละเทียบกับปริมาณแคดเมียมและสังกะสีที่ใส่ลงในดินพบว่ากลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีค่าประสิทธิภาพการดูดดึงสูงสุดที่ระยะเวลา 90 วัน ในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 50 mgCd/kgดิน คิดเป็นร้อยละ 4.63 และในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน คิดเป็นร้อยละ 1.02 ในขณะที่กลุ่มพันธุ์ ประจวบคีรีขันธ์มีค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่ระยะเวลา 90 วันในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 50 mgCd/kgดิน คิดเป็นร้อยละ 4.10 และในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน คิดเป็นร้อยละ 0.91 ของปริมาณสังกะสีทั้งหมด

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต ศศิธร ใฝ่สัจจะธรรม

ปีการศึกษา 2549 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา [signature]

4789136220 : MAJOR INTERDISCIPLINARY PROGRAM OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORD : VETIVER GRASS / CADMIUM / ZINC / EDTA / PHYTOREMEDIATION

SASITHORN FAISATJATHAM : EFFICIENCY OF *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash AND *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A.Camus IN CADMIUM AND ZINC REMOVAL FROM SOIL THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. THARES SRISATIT, Ph.D., 215 pp.

ISBN 974-14-2598-8

Efficiency of cadmium and zinc removal from soil contaminated soil by two ecotypes of vetiver grasses, *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash [Surat Thani ecotype] and *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A.Camus [Prachuabkirikhan ecotype] was studied in difference concentration of cadmium with application Cadmium Nitrate ($Cd(NO)_3 2.4H_2O_2$) at 0 50 100 150 and 200 mgCd/kgsoil ; zinc with Zinc Nitrate ($Zn(NO_3)_2.6H_2O$) at 0 500 1,000 1,500 2,000 mgZn/kgsoil and EDTA (Ethylenediaminetatraacetic acid) was applied. The growth rate; number of plants per clump, height and dry weight were recorded every 15 days included 6 times. It was found that both ecotypes of vetiver grasses were ability to normal growth and survived all treatments of cadmium concentration. For the contamination of zinc, both ecotypes of vetiver grasses were ability to survive only 25 % in treatment of 500 mgZn/kgSoil. Both ecotypes of vetiver grasses in treatment of cadmium and zinc had number of plants per clump, height and dry weight increased by experimental period and level of cadmium and zinc concentration in soil ($p<0.05$). In addition, Prachuabkirikhan ecotype had height and dry weight more than Surat Thani ecotype. While, Surat Thani ecotype had number of plants per clump higher than Prachuabkirikhan ecotype.

Accumulation of cadmium and zinc of both ecotypes of vetiver grasses increased by level of cadmium and zinc concentration in soil ($p<0.05$). Accumulation of cadmium and zinc in roots of both ecotypes of vetiver grasses were higher than in shoots. Amount of cadmium and zinc accumulation in Surat Thani ecotype was more than in Prachuabkirikhan ecotype. In addition, cadmium and zinc removal efficiency by both ecotypes of vetiver grasses increased by exposed time at experiment time 90 day. The highest efficiency of Surat Thani ecotype was 4.63 % in treatment of 50 mgCd/kgsoil and 1.02 % in treatment of 500 mgZn/kg soil while, the highest efficiency of Prachuabkirikhan ecotype was 4.10 % in treatment of 50 mgCd/kgsoil and 0.91 % in treatment of 500 mgZn/kgsoil respectively.

Field of Study Environmental Science .... Student's Signature Sasithorn Faisatjatham

Acadamic Year 2006 .... Advisor's Signature T. Srisatit

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความกรุณา ความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากหลาย ๆ ท่าน ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธเรศ ศรีสถิตย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือและตรวจทานรายละเอียดต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เตือนใจ โก้สกุล และ อ. ดร. กนกวรรณ เสรีภาพ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ายิ่งในการเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมให้ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นที่มีส่วนสำคัญในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

นอกจากนั้น ในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ยังได้รับการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คุณอุษา อุตสาหการ เจ้าหน้าที่สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1 จ.ปทุมธานีและเจ้าหน้าที่สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 10 จ.ราชบุรี ที่อำนวยความสะดวกในอนุเคราะห์หญ้าแฝก คุณจรัญ สุขเกษม เจ้าหน้าที่หน่วยยานพาหนะ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความกรุณาในการขุดและขนดิน พี่อุ๋ยเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ AAS ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการใช้เครื่อง AAS

ขอขอบคุณพรอำภา สุรภักดี ที่คอยช่วยเหลือในการดูแลรดน้ำหญ้าแฝก คุณพรรษกร ใจประดับเพชร คุณอนรรฆอร พันธุ์ไพศาล ที่คอยช่วยเหลือในการขนย้ายดิน คุณสุเมธ เลาคำ ที่คอยช่วยเหลือในการให้คำแนะนำข้อมูลด้านสถิติ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่ไม่อาจกล่าวนามได้หมดที่ให้ความช่วยเหลือในการขนย้ายกล้าหญ้าแฝก ขนย้ายดินตลอดจนช่วยเก็บตัวอย่างหญ้าแฝก

ขอขอบพระคุณโรงแรมบันยันทรี ที่สนับสนุนทุนบันยันทรี บัณฑิตวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ และสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่สนับสนุนทุนบางส่วนในการทำวิทยานิพนธ์

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้ความรัก ความห่วงใยและคอยให้การสนับสนุนเงินทุน คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าเสมอมา และน้องสาวที่คอยห่วงใยและให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านแก่ข้าพเจ้าตลอดมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		จ
กิตติกรรมประกาศ		ฉ
สารบัญ		ช
สารบัญตาราง		ฏ
สารบัญภาพ		ด
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	2
	1.3 สมมุติฐาน	2
	1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
	1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2	ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
	2.1 การสะสมโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม	4
	2.1.1 การสะสมโลหะหนักในดิน	4
	2.1.2 การสะสมโลหะหนักในพืช	4
	2.1.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสะสมโลหะหนักในดินและพืช	5
	2.2 โลหะหนัก	9
	2.2.1 แคดเมียม (Cadmium)	9
	2.2.2 สังกะสี (Zinc)	13
	2.3. อีดีทีเอ (Ethylene Diamine Tetra – Acetric Acid, EDTA)	17
	2.3.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอีดีทีเอ	17
	2.3.2 ความเป็นพิษของอีดีทีเอ	17
	2.4. Phytoremediation	19
	2.4.1 ประเภทของ Phytoremediation	19
	2.4.2 พืชและความสามารถในการกำจัดมลสารปนเปื้อน	20
	2.4.3 ความสัมพันธ์ของพืชกับโลหะหนักในบริเวณรากพืช	21
	2.4.4 ประสิทธิภาพของ Phytoremediation	23
	2.4.5 ข้อดีและข้อเสียของ Phytoremediation	24

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

2.5 หญ้าแฝก.......... 25
2.5.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์.......... 26
2.5.2 การเปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอน.......... 29
2.5.3 การจำแนกกลุ่มพันธุ์ (ecotype) หญ้าแฝกและเปรียบเทียบการเจริญเติบโตในสภาพพื้นที่ต่างๆ.......... 31
2.5.4 คุณสมบัติพิเศษของหญ้าแฝกที่มีประโยชน์เกื้อกูลต่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ.......... 33
2.5.5 การใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝก.......... 34
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.......... 35
2.6.1 การศึกษาความทนทานและการดูดซับสารพิษและโลหะหนักของหญ้าแฝกในดิน.......... 35
2.6.2 การศึกษาความทนทานและการดูดซับสารพิษและโลหะหนักของหญ้าแฝกในน้ำ.......... 37
2.63 งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับผลของ EDTA ที่มีต่อการละลายโลหะหนักและผลต่อการดูดดึงพืช.......... 39
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.......... 40
3.1 วัสดุอุปกรณ์.......... 40
3.2 สถานที่ศึกษา.......... 40
3.3 ระยะเวลาที่ทำการศึกษา.......... 40
3.4 การดำเนินการศึกษา.......... 41
3.4.3 การเตรียมตัวอย่าง.......... 42
3.4.3.1 การเตรียมดิน.......... 42
3.4.3.2 การเตรียมพืช.......... 42
3.4.3.3 การเตรียมสารละลาย Cd-EDTA และ Zn-EDTA.......... 43
3.4.4 การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและการเก็บเกี่ยว.......... 44
3.4.5 การวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมและสังกะสีในตัวอย่างพืช.......... 45
3.4.6 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล.......... 46
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล.......... 47
4.1 ผลการวิเคราะห์ดินก่อนการทดลอง.......... 47
4.2 ผลการวิเคราะห์หญ้าแฝกที่นำมาใช้ในการทดลอง.......... 48

หน้า

4.3 ลักษณะทั่วไปของหญ้าแฝก.. 48
4.4 ความสามารถในการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก.. 49
4.4.1 การแตกกอ.. 49
4.4.1.1 การแตกกอของหญ้าแฝกในกระถางที่มีแคดเมียม
ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.. 49
4.4.1.2 การแตกกอของหญ้าแฝกในกระถางที่มีสังกะสี
ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.. 52
4.4.2 ความสูง... 54
4.4.2.1 ความสูงของหญ้าแฝกในกระถางที่มีแคดเมียมเติม
ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.. 55
4.4.2.2 ความสูงของหญ้าแฝกในกระถางที่มีสังกะสีเติม
ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.. 58
4.4.3 น้ำหนักแห้ง.. 61
4.4.3.1 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าแฝกในกระถางที่เติมแคดเมียม
ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.. 61
4.4.3.1.1 น้ำหนักแห้งส่วนใบของหญ้าแฝก.......................... 61
4.4.3.1.2 น้ำหนักแห้งส่วนรากของหญ้าแฝก........................ 64
4.4.3.1.3 น้ำหนักแห้งทั้งต้นของหญ้าแฝก............................ 69
4.4.3.2 น้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกในกระถางที่เติมสังกะสี
ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.. 72
4.4.3.2.1 น้ำหนักแห้งส่วนใบของหญ้าแฝก.......................... 72
4.4.3.2.2 น้ำหนักแห้งส่วนรากของหญ้าแฝก........................ 75
4.4.3.2.3 น้ำหนักแห้งทั้งต้นของหญ้าแฝก............................ 79
4.5 ความเข้มข้นของโลหะหนักในส่วนต่าง ๆ ของหญ้าแฝก................................ 82
4.5.1 ความเข้มข้นของแคดเมียมในส่วนต่าง ๆ ของหญ้าแฝก........................ 82
4.5.1.1 การสะสมแคดเมียมในส่วนใบของหญ้าแฝก........................... 82
4.5.1.2 การสะสมแคดเมียมในส่วนรากของหญ้าแฝก......................... 85
4.5.2 การสะสมสังกะสีในส่วนต่าง ๆ หญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์.................. 92
4.5.2.1 การสะสมสังกะสีในส่วนใบของหญ้าแฝก.............................. 92
4.5.2.2 การสะสมสังกะสีในส่วนรากของหญ้าแฝก............................ 95

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

4.6 ประสิทธิภาพการดูดดึงโลหะหนักจากดินของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์...... 102
4.6.1 ประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมจากดินของหญ้าแฝก........................ 102
4.6.2 ประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีจากดินของหญ้าแฝก........................... 105
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.. 109
5.1 สรุปผลการศึกษา.. 109
5.1.1 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝก.. 109
5.1.1.1 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์
ที่ปลูกในดินที่ปนเปื้อนด้วยแคดเมียม.................................... 109
5.1.1.2 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์
ที่ปลูกในดินที่ปนเปื้อนด้วยสังกะสี... 109
5.1.2 การสะสมแคดเมียมในส่วนต่าง ๆ ของหญ้าแฝก................................ 110
5.1.3 การสะสมสังกะสีในส่วนต่าง ๆ ของหญ้าแฝก.................................... 111
5.1.4 ประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์.......... 111
5.1.5 ประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์............ 112
5.2 ข้อเสนอแนะ... 113
รายการอ้างอิง... 114
ภาคผนวก... 114
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านการเจริญเติบโต........ 123
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านการสะสมโลหะ
หนักของหญ้าแฝก.. 148
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านประสิทธิภาพ
การดูดดึงโลหะหนักของหญ้าแฝก.. 160
ภาคผนวก ง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติด้านการเจริญเติบโต.. 166
ภาคผนวก จ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติด้านการสะสมโลหะหนัก.. 190
ภาคผนวก ฉ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติด้านประสิทธิภาพการดูดดึงโลหะหนัก........................ 202
ภาคผนวก ช การเจริญเติบโตของหญ้าแฝก... 208
ภาคผนวก ซ ค่ามาตรฐาน.. 212
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.. 215

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของอีดีทีเอ.......... 18

ตารางที่ 2.2 พืชและสารเคมีที่กำจัดได้.......... 21

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบความแตกต่างของหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอน.......... 30

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ที่มีในประเทศไทย.......... 31

ตารางที่ 2.5 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ สุราษฎรธานีและประจวบคีรีขันธ์.......... 33

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง.......... 41

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของดินที่นำมาศึกษา.......... 41

ตารางที่ 3.3 ปริมาณสารประกอบ $Cd(NO)_3 2.4H_2O_2$ และ $Zn(NO_3)_2.6H_2O$ ที่ใส่ลงในดิน.......... 44

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินที่นำมาทดลอง.......... 47

ตารางที่ 4.2 จำนวนต้นต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี ในกระถางที่เติมแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.......... 50

ตารางที่ 4.3 จำนวนต้นต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ในกระถางที่เติมแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.......... 51

ตารางที่ 4.4 จำนวนต้นต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.......... 53

ตารางที่ 4.5 จำนวนต้นต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ในกระถาง ที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.......... 54

ตารางที่ 4.6 ความสูงของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีในกระถาง ที่เติมแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.......... 56

ตารางที่ 4.7 ความสูงของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ในกระถาง ที่เติมแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.......... 57

ตารางที่ 4.8 ความสูงของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถาง ที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นความเข้มข้นต่างๆ.......... 59

ตารางที่ 4.9 ความสูงของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์.......... 60

ตารางที่ 4.10 น้ำหนักแห้งส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี.......... 62

ตารางที่ 4.11 น้ำหนักแห้งส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์.......... 64

ตารางที่ 4.12 น้ำหนักแห้งส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี.......... 66

หน้า

ตารางที่ 4.13 น้ำหนักแห้งส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์........................ 68
ตารางที่ 4.14 น้ำหนักแห้งทั้งต้นของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี................................ 69
ตารางที่ 4.15 น้ำหนักแห้งทั้งต้นของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์............................ 70
ตารางที่ 4.16 น้ำหนักแห้งของใบหญ้าแฝกที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสี
ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.. 74
ตารางที่ 4.17 น้ำหนักแห้งของส่วนใบหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์
ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.............................. 75
ตารางที่ 4.18 น้ำหนักแห้งของส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี
ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.............................. 77
ตารางที่ 4.19 น้ำหนักแห้งของส่วนรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์
ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.............................. 78
ตารางที่ 4.20 น้ำหนักแห้งทั้งต้นของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี
ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.............................. 79
ตารางที่ 4.21 น้ำหนักแห้งทั้งต้นของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์
ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.............................. 80
ตารางที่ 4.22 ปริมาณแคดเมียมที่พบในใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี................. 83
ตารางที่ 4.23 ปริมาณแคดเมียมที่พบในใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์
ประจวบคีรีขันธ์.. 85
ตารางที่ 4.24 ปริมาณแคดเมียมที่พบในรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี............... 87
ตารางที่ 4.25 ปริมาณแคดเมียมที่พบในรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์
ประจวบคีรีขันธ์.. 89
ตารางที่ 4.26 ความเข้มข้นของสังกะสีในใบหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี
ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.............................. 93
ตารางที่ 4.27 ความเข้มข้นของสังกะสีในใบหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์
ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.............................. 94
ตารางที่ 4.28 ความเข้มข้นของสังกะสีในรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี
ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.............................. 96
ตารางที่ 4.29 ความเข้มข้นของสังกะสีในรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ระจวบคีรีขันธ์
ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ.............................. 97

หน้า

ตารางที่ 4.30 ประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมจากดินของหญ้าแฝก กลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี.. 103
ตารางที่ 4.31 ประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมจากดินของหญ้าแฝก กลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์.. 104
ตารางที่ 4.32 ประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีจากดินของหญ้าแฝก กลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี.. 106
ตารางที่ 4.33 ประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีจากดินของหญ้าแฝก กลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์.. 107
ตารางที่ ก.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนต้นต่อกอ........................... 124
ตารางที่ ก.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคามสูง... 130
ตารางที่ ก.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักแห้ง................................... 136
ตารางที่ ข. 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านการสะสมแคดเมียม..................... 148
ตารางที่ ข. 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านการสะสมสังกะสี......................... 156
ตารางที่ ค. 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียม.. 160
ตารางที่ ค. 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสี..... 164
ตารางที่ ง. 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ จำนวนต้นต่อกอ.. 166
ตารางที่ ง. 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ ความสูง.. 172
ตารางที่ ง. 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ น้ำหนักแห้ง.. 178
ตารางที่ จ. 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ การสะสมแคดเมียม.. 190
ตารางที่ จ. 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ การสะสมสังกะสี.. 198
ตารางที่ ฉ. 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ของประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียม... 202
ตารางที่ ฉ. 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ของประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสี... 206

หน้า

ตารางที่ ช. 1 ปริมาณจุลธาตุในระดับปกติที่มีอยู่ในดินและพืชและค่าวิกฤต ในดินที่ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อพืชและคน.. 208

ตารางที่ ช. 2 โลหะหนักของจุลธาตุพร้อมทั้งรูป (form) ทางเคมีที่พบในดิน รวมทั้งปริมาณความเข้มข้นโดยเฉลี่ย.. 209

ตารางที่ ช. 3 ปริมาณโลหะหนักที่อนุญาตให้มีได้ในดินของประเทศอังกฤษ..................... 209

ตารางที่ ช. 4 ปริมาณโลหะหนักที่อนุญาตให้ปนเปื้อนในดินกำหนดจาก C.E.C. ของดินเป็นหลัก.. 210

ตารางที่ ช. 5 ปริมาณโลหะหนักที่อนุญาตให้ปนเปื้อนในดินกำหนดจาก pH ของดินเป็นหลัก.. 210

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพละลายได้ของสังกะสีกับพีเอชของดิน และปริมาณสังกะสีทั้งหมด.......... 15

รูปที่ 2.2 โครงสร้างของอีดีทีเอและโครงสร้างของอีดีทีเอเมื่อจับกับโลหะ.......... 18

รูปที่ 2.3 การเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากดินสู่พืช 5 ระยะ.......... 22

รูปที่ 2.4 ลักษณะของหญ้าแฝก ลักษณะกอ หน่อและช่อดอก.......... 26

รูปที่ 3.1 ต้นกล้าแฝกหอมกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีและแฝกดอนกลุ่มพันธุ์ ประจวบคีรีขันธ์ ที่เตรียมก่อนนำไปปลูก.......... 43

รูปที่ 3.2 ต้นกล้าแฝกหอมกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีและแฝกดอนกลุ่มพันธุ์ ประจวบคีรีขันธ์ที่เก็บเกี่ยว.......... 45

รูปที่ 4.1 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของแคดเมียมที่พบในใบและในราก หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี จำแนกตามระดับความเข้มข้น ของแคดเมียมในดิน.......... 90

รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของแคดเมียมที่พบในใบและในราก หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ จำแนกตามระดับความเข้มข้น ของแคดเมียมในดิน.......... 91

รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสังกะสีที่พบในใบและในราก หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี จำแนกตามระดับความเข้มข้น ของสังกะสีในดิน.......... 100

รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสังกะสีที่พบในใบและในรากหญ้าแฝก กลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ จำแนกตามระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน...... 101

รูปที่ ช.1 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้ง 2 กลุ่มพันธุ์ตามลำดับของระดับความเข้มข้น ของแคดเมียมที่ใส่ลงในดิน (0 50 100 150 200 mgCd/kgดิน).......... 208

รูปที่ ช.2 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้ง 2 กลุ่มพันธุ์ตามลำดับของระดับความเข้มข้น ของสังกะสีที่ใส่ลงในดิน (0 500 1,000 1,500 2,000 mgCd/kgดิน).......... 210

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ฐิตินันท์และอวยพร (2547) ได้เสนอรายงานการศึกษาของสถาบันการจัดการน้ำนานาชาติ หรืออีมี่ (International Water Management Institute : IWMI) ในการปนเปื้อนของสารแคดเมียมในดินและพืชผลทางการเกษตรบริเวณลำห้วยแม่ตาว อำเภอแม่สอด จ.ตาก โดยในระยะแรกระหว่างปี พ.ศ. 2541 – 2543 พบว่าในแปลงนาข้าวบริเวณตำบลพะเด๊ะ มีปริมาณสารแคดเมียมในดินสูงกว่าค่ามาตรฐานที่สหภาพยุโรป (EU) กำหนดไว้ถึง 1,800 เท่า และร้อยละ 95 ของเมล็ดข้าวที่สุ่มตัวอย่างก็มีแคดเมียมปนเปื้อนอยู่ด้วย ส่วนระหว่างปี พ.ศ. 2544 – 2546 ได้ขยายพื้นที่การศึกษาต่อเนื่องจากช่วงแรกมาตามลำห้วยแม่ตาวซึ่งเป็นบริเวณท้ายน้ำพบว่า ปริมาณการปนเปื้อนของแคดเมียมในดินมีค่าสูงถึง 72 เท่าของค่ามาตรฐานของสหภาพยุโรป (EU) ขณะที่ร้อยละ 80 ของตัวอย่างข้าวมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานของญี่ปุ่นและองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ

จากรายงานฉบับเดียวกันของฐิตินันท์และอวยพรนั้นได้เสนอว่าในปี พ.ศ. 2544-2546 ได้ขยายพื้นที่การศึกษาต่อเนื่องจากช่วงแรกพบว่า ปริมาณการปนเปื้อนของแคดเมียมในดินมีค่าสูงถึง 72 เท่า ของค่ามาตรฐานสหภาพยุโรป (EU) ขณะที่ร้อยละ 80 ของตัวอย่างข้าวมีค่าสูงกว่ามาตรฐานของญี่ปุ่นและองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ซึ่งจากผลการศึกษาปริมาณแคดเมียมในระยะแรกนั้นมีปริมาณเทียบเคียงได้กับปริมาณการปนเปื้อนในข้าว จนกลายเป็นต้นตอของโรค อิไต-อิไต ในประเทศญี่ปุ่นมาแล้ว ซึ่งจากปัญหาดังกล่าวควรได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน จึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้วิธีการทางชีวภาพที่เรียกว่า Phytoremediation ซึ่งเป็นวิธีทางชีวภาพที่ใช้พืชและต้นไม้ในการลดการปนเปื้อนของโลหะหนักและสารประกอบอินทรีย์ เช่น ตัวทำละลาย น้ำมัน และโพลีอะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอนทั้งในดินและในน้ำ ใช้พืชที่เลือกต่อการสะสมโลหะตัวใดตัวหนึ่งโดยเฉพาะ เพื่อที่จะดูดดึงโลหะเป็นพิษออกจากดินและน้ำ (Raskin, 1997) โดยได้เลือกใช้หญ้าแฝกลุ่ม *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash และหญ้าแฝกดอน *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A.Camus ในการดูดดึงแคดเมียมและสังกะสีที่ปนเปื้อนในดิน

เนื่องจากพืชทั้งสองสายพันธุ์นี้มีความเป็นไปได้ในการบำบัดเพราะมีคุณสมบัติที่เหมาะสม กล่าวคือหญ้าแฝกเป็นพืชที่สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพที่เปลี่ยนแปลงไป มีรากหยั่งลึกในแนวดิ่งและกระจายออกแผ่กว้างเพื่อยึดพื้นดินตามแนวนอน (วีระชัย, 2536) เนื่องจากหญ้าแฝกมีจำนวนรากมาก โอกาสที่รากจะสัมผัสและดูดซับปริมาณสารต่าง ๆ ในดินย่อมมีมากขึ้นและพบได้ทั่วไปในทุกภาคของประเทศ จากคุณสมบัติดังกล่าวนี้ หญ้าแฝกจึงเป็นพืชที่ควรนำมาศึกษาถึงความสามารถในการดึงดูดแคดเมียมและสังกะสีเป็นอย่างยิ่ง

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของหญ้าทั้งสองกลุ่มพันธุ์ในภาวะที่ได้รับแคดเมียมและสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

1.2.2 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมและสังกะสีที่สะสมในส่วนต่าง ๆ ของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการดูดดึงแคดเมียมและสังกะสีในหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์

1.3 สมมุติฐาน

ประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมและสังกะสีจากดินของหญ้าแฝกลุ่มกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีและหญ้าแฝกดอนกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีความแตกต่างกันตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมและสังกะสีที่ปนเปื้อนในดินและตามระยะเวลาการปลูก

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.4.1 หญ้าแฝกที่ใช้ในการศึกษามี 2 ชนิด (spicies) คือ

1) *Vetiveriaz zizainoides* (Linn.) Nash โดยเลือกหญ้าแฝกลุ่มใช้กลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี

2) *Vetiveria Nemoralis* (Balansa)A.Camus โดยเลือกใช้หญ้าแฝกดอนกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

1.4.2 ชนิดของโลหะหนักที่ทำการศึกษาคือสารประกอบแคดเมียมไนเตรต ($CdNO_3$) และซิงค์ไนเตรต ($ZnNO_3$) และจะวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมและสังกะสีในรูปของแคดเมียมทั้งหมด

(Total cadmium) และสังกะสีทั้งหมด (Total zinc) โดยศึกษาในส่วนใบ (Leaf) รวมกับลำต้น (Culm) และราก (Root) ของหญ้าแฝกทั้ง 2 กลุ่มพันธุ์

1.4.3 ทำการศึกษาโดยปลูกหญ้าแฝกในกระถางทดลองและดินที่ใช้จะมีการผสมแคดเมียมในสัดส่วน 0, 50, 100, 150, 200 mg/kg ดิน (น้ำหนักแห้ง) และสังกะสีในสัดส่วน 0 , 500, 1000, 1500 , 2000 mg/kg ดิน (น้ำหนักแห้ง)

1.4.4 ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก โดยชั่งน้ำหนัก วัดความสูง นับจำนวนต้นต่อกอ และวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมและสังกะสีที่สะสมในส่วนต่าง ๆของลำต้น (Culm) รวมทั้งใบ (Leaf) และราก (Root) โดยเก็บตัวอย่างทุก 15 วัน เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 90 วัน (ทำการเก็บตัวอย่าง 6 ครั้ง)

1.4.5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดดึงแคดเมียมและสังกะสีของหญ้าแฝกลุ่ม *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash และหญ้าแฝกดอน *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A.Camus โดยพิจารณาจากปริมาณแคดเมียมและสังกะสีทั้งหมดที่สะสมอยู่ในลำต้น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพื่อให้ได้ข้อมูลในการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการดูดดึงแคดเมียมและสังกะสีของหญ้าแฝกกับพืชชนิดอื่นๆ

1.5.2 เป็นแนวทางในการเลือกใช้วิธีการบำบัดมลพิษที่ปนเปื้อนในดิน

1.5.3 ลดต้นทุนในการบำบัดดินที่ปนเปื้อนด้วยแคดเมียมและสังกะสี

1.5.4 เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาการดูดดึงสารพิษออกจากดินโดยใช้หญ้าแฝกหรือพืชชนิดอื่นๆ แบบชีววิธีและประยุกต์ใช้ในสภาพพื้นที่จริงต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การสะสมโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม

2.1.1 การสะสมโลหะหนักในดิน

โดยปกติพื้นผิวโลกจะมีโลหะหนักสะสมอยู่ปริมาณหนึ่ง ซึ่งเป็นผลมาจากการผุพังและการสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิดดินเอง ความเข้มข้นของโลหะหนักในเปลือกโลกและในดินมีค่าผันแปรได้ตามลักษณะวัตถุต้นกำเนิด ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน เนื้อดิน และระดับความลึกของดินเป็นสำคัญ ซึ่งโลหะหนักส่วนใหญ่มีการเคลื่อนย้ายได้น้อย เนื่องจากมีความสามารถในการยึดเกาะอยู่ในส่วนที่เป็น clay fraction ได้ดี ดินที่เป็นดินเหนียวจึงมีโลหะหนักอยู่ในรูปที่ดูดดึงได้ง่าย (available form) ในสารละลายดินน้อยกว่าดินที่เป็นดินทรายซึ่งมีส่วนที่เป็น clay fraction น้อย โลหะหนักส่วนใหญ่จึงอยู่ในสารละลายดินของดินทรายมากกว่าดินเหนียว (Diaz และ Polo, 1988) น้ำที่ชะล้างผ่านดินและน้ำใต้ดิน จึงไม่ค่อยมีการปนเปื้อนจากโลหะหนัก (Genevini และคณะ,1984) หากเปรียบเทียบความสามารถในการเคลื่อนย้ายของโลหะหนักจะพบว่า โลหะหนักที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายคือ นิเกิล แคดเมียม และสังกะสี โลหะหนักที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ปานกลางคือ ทองแดง ส่วนโลหะหนักที่เคลื่อนย้ายได้น้อยหรือไม่เคลื่อนย้ายเลยคือ ตะกั่ว ปรอท และโครเมียม ความเข้มข้นของโลหะหนักอาจจะแปรผันตามความลึกของดินได้ เช่น น้ำที่ชะผ่านดินอาจทำให้โลหะหนักที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย เช่น สังกะสี และแคดเมียม เคลื่อนย้ายไปยังบริเวณอื่นทำให้ความเข้มข้นของสังกะสีและแคดเมียมลดลงตามความลึกของดิน

2.1.2 การสะสมโลหะหนักในพืช

พืชมีโอกาสสะสมโลหะหนักทั้งจากดิน น้ำ และอากาศ เพราะโลหะหนักสามารถเข้าสู่พืชได้ทั้งทางราก ลำต้น และใบ กระบวนการดูดดึงและสะสมโลหะหนักของรากพืชอาจเป็นแบบ active ion absorbtion หรือ passive ion absorbtion กลไกการดูดดึงแบบ passive ion absorbtion อาจดูดดึงโดยวิธีแลกเปลี่ยนอิออน (ion exchange) หรือวิธีการคายน้ำ (transpiration) กลไกเกิดในขณะที่พืชดูดน้ำเพื่อทดแทนการคายน้ำ เมื่ออัตราการดูดอิออนเร็วเกินกว่าอัตราการคายน้ำทำให้เกิด

ภาวะ Concentration gradient อย่างกระทันหันที่บริเวณรากพืช โลหะหนักจึงเคลื่อนเข้าสู่พืชได้ โดยวิธีการแพร่จากดินเข้าสู่ราก ส่วนวิธีการเคลื่อนที่ของโลหะหนักจากรากไปสู่ยอด (translocation) ยังสรุปได้ไม่แน่นอน (Culter และ Rains, 1974)

2.1.3. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสะสมโลหะหนักในดินและพืช

2.1.3.1 ลักษณะสมบัติของดิน

ลักษณะสมบัติของดินมีผลต่อการดูดดึงโลหะหนักของพืช คือสภาพการละลายอันมีบทบาทที่บ่งบอกถึงสภาพการขาดแคลน หรือเป็นพิษต่อพืช หรือมีมากจนเป็นสารมลพิษในดิน ซึ่งปัจจัยที่ควบคุมสภาพการละลายได้ของธาตุโลหะหนักได้แก่ สภาพกรด-ด่าง ศักย์รีดอกซ์ (Redox Potential) เนื้อดิน วัตถุต้นกำเนิดดิน ชนิดและปริมาณสารประกอบอินทรีย์ในดินและในสารละลายดิน ไอออนของธาตุอื่นที่มีอยู่ในสารละลายดิน อุณหภูมิของดิน และกิจกรรมจุลินทรีย์ของดิน ตราบใดที่ธาตุพิษเหล่านี้ยังไม่ละลายก็จะมีผลต่อสภาพแวดล้อมน้อยมาก (ศุภมาศ, 2545) การดูดดึงแคดเมียมจะลดลงเมื่อความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินเพิ่ม โดยการเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุลงในดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่สูงในดินจะช่วยลดความเป็นเป็นประโยชน์ของโลหะหนักในดินได้ (Siriratpiriya, Vigerust และSelmer-Olsen, 1985) เนื่องมาจากอินทรีย์วัตถุสามารถยึดจับโลหะหนักไว้ได้ จึงทำให้โลหะหนักสะสมอยู่ในอินทรีย์วัตถุและถูกพืชดูดดึงเข้าไปด้วย และพืชที่ปลูกบนดินทรายจะสะสมโลหะหนักได้มากกว่าพืชที่ปลูกบนดินเหนียว (Chaney, 1982)

2.1.3.2 ความเป็นกรด – ด่างของดิน (pH)

ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณของโลหะหนักในดิน โดยค่าความเป็นกรด-ด่างของดินที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้การดูดดึงโลหะหนักของพืชลดลงได้ เพราะว่าอิออนของโลหะหนักต่าง ๆ ในรูปที่เปลี่ยนประจุได้และละลายน้ำได้จะมีปริมาณลดลง Yanai และคณะ (2005) ได้ทำการศึกษาผลของลักษณะของดินต่อประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมของ *Thlaspi caerulescens* พบว่าพืชดูดดึงแคดเมียมได้มากที่สุดที่ปลูกในกระถางที่ดินมี pH อยู่ระหว่าง 5-6 ในขณะที่กระถางที่ดินมี pH 7.6 พืชจะเจริญเติบโตได้ดีที่สุด แคดเมียมละลายได้ดีในสภาพดินเป็นกรด การใส่ปูนเพื่อเพิ่มความเป็นกรดเป็นด่างของดินจะลดการดูดดึงโลหะหนักของพืชได้ โดยเรียงตามลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ แมงกานีส > สังกะสี > นิเกิล >= แคดเมียม > โครเมียม = ตะกั่ว (Siriratpiriya, Vigerust และ Selmer-Olsen, 1985)

2.1.3.3 ชนิดและรูปของโลหะหนัก

ธาตุโลหะหนักที่เป็นพิษมีคุณสมบัติโดยทั่วไปคือ เปลี่ยนแปลงวาเลนซี่อยู่เสมอในรูปไฮดรอกไซด์ จะมีการละลายได้ต่ำ มีความสามารถในการเกิดสารประกอบได้สูง ชอบทำปฏิกิริยากับพวกซัลไฟด์ และธาตุโลหะหนักบางตัวมีนิสัยคล้ายไอออนบวก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) พืชมีความสามารถในการดูดดึงโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ได้ต่างกัน ซึ่งพบว่า แคดเมียม นิเกิล สังกะสี และทองแดง เป็นธาตุที่พืชสามารถดูดดึงได้ดีกว่าตะกั่ว ปรอท และโครเมียม ต่างจากดินที่สามารถดูดซับตะกั่วได้ดี ปริมาณของตะกั่วในพืชจึงไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณตะกั่วในดิน (อรวรรณ, 2525) ต่างจากความเข้มข้นของโลหะหนักบางชนิดในพืช เช่น แคดเมียม นิเกิล และแมงกานีส จะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับความเข้มข้นที่มีอยู่ในดิน (Davis, 1984)

2.1.3.4 ปฏิกิริยาเสริม(synnergism) หรือปฏิกิริยาหักล้าง(antagonism) ของโลหะหนักและธาตุอื่น ๆ

ปฏิกิริยาเสริมหรือหักล้างกันของโลหะหนักและธาตุอื่น ๆ มีอิทธิพลต่อการดูดดึงและเคลื่อนย้าย (translocation) โลหะหนักของพืช เช่น แคลเซียม และสังกะสีที่มีอยู่ในดินจะลดการดูดดึงแคดเมียมของพืช (อรวรรณ, 2522) นอกจากนี้ Davies (1980) ศึกษาพบว่าเมื่อปริมาณแคดเมียมในใบและรากของข้าวโพดเพิ่มขึ้น ปริมาณสังกะสีจะลดลงและหากปริมาณเหล็กในใบและรากของข้าวโพดสูงขึ้นปริมาณแคดเมียมก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

2.1.3.5 ชนิดและส่วนต่าง ๆ ของพืช

ความเข้มข้นของโลหะหนักในพืชพบมากหรือน้อยแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดดินที่ปลูกพืช เช่น ชนิดพืช ส่วนของพืช และอายุของพืช พืชแต่ละชนิดจะสะสมโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ได้ต่างกัน เนื่องจากความต้องการโลหะหนักและความทนทานต่อความเป็นพิษของโลหะหนักแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น แม้ใส่ตะกั่วไนเตรตถึง 400 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หรือตะกั่วออกไซด์ในปริมาณถึง 2000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในดินร่วนปนทรายก็ไม่ทำให้การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังผิดปกติ (ถวิล, 2527) อรวรรณ (2525) รายงานว่า โลหะหนักจะถูกดูดดึงโดยพืชจำพวกผักมากกว่าพืชเมล็ด การสะสมโลหะหนักในพืชชนิดเดียวกันในส่วนต่าง ๆ ของพืชก็ไม่เท่ากัน เช่น ผักคะน้าจะสะสมตะกั่วที่ราก > ใบ > ลำต้น ข้าวไรย์ ข้าวบาร์เล่ย์ และข้าวโอ๊ต จะสะสมโลหะหนักในส่วนรากมากที่สุด (Gebhardt, Gruen และ Pusch, 1990)

แคดเมียมชอบสะสมในพืชกินใบมากกว่าเมล็ด Pepper และคณะ (1983) รายงานว่าค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในข้าวโพดจะมีปริมาณลดหลั่นกันไปดังนี้ ใบ > ต้น > ฝัก

2.1.3.6 ปริมาณของอินทรีย์วัตถุ

โลหะหนักซึมซับในส่วนประกอบดินได้อย่างมาก เนื่องจากอินทรียวัตถุมีประจุลบอยู่เป็นจำนวนมาก โดยทั่วไปอินทรีย์วัตถุในดินมีความสามารถในการดูดซับสูงกว่าคอลลอยด์อื่นๆ ตั้งแต่ 2-30 เท่า ในดินทั่วไป ปริมาณของแคตไอออนที่ถูกดูดซับจะอยู่ในช่วงประมาณ 30-90% ของปริมาณที่ดินดูดซับได้ทั้งหมด นอกจากนี้อินทรียวัตถุยังมีส่วนที่เป็นประจุบวกอยู่บ้าง จึงสามารถดูดซับแคตไอออนได้อีกด้วย ความสามารถในการดูดซับดังกล่าวช่วยป้องกันไม่ให้ธาตุโลหะถูกละลายสูญหายไปกับน้ำได้โดยง่าย แคตไอออนเป็น H^{+} ถูกดูดซับเอาไว้ โอกาสที่ pH จะเปลี่ยนแปลงไปมากนั้นย่อมเกิดขึ้นได้ยาก ถ้าในดินนั้นมีอินทรียวัตถุสะสมในปริมาณที่เหมาะสม จะทำให้ธาตุโลหะออกสู่สารละลายดินน้อยลง ซึ่งเป็นผลมาจากความต้านทานการเปลี่ยนแปลง pH (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

2.1.3.7 ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำในดิน (chemical composition of soil water)

พิจารณาถึงลิแกนด์ (ligand) ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในกระบวนการเกิดสารเชิงซ้อนในขณะที่กระบวนการตกตะกอนก็น่าจะเกิดขึ้น และแข่งขันกับกระบวนการซึมซับ (sorption) อยู่ด้วย ตัวอย่างเช่น การมีคลอไรด์ในสารละลายดิน เป็นการแสดงให้เห็นถึงโอกาสของความสามารถในการเคลื่อนที่ของโลหะหนักบางชนิด โดยเกิดเป็นสารเชิงซ้อนที่ละลายน้ำได้ เกลือคลอไรด์ส่วนมากละลายน้ำได้ง่าย และถูกดูดซับได้น้อย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

2.1.3.8 ศักย์รีดอกซ์ (redox potential)

สภาพออกซิเดชันของโลหะจะถูกกำหนดด้วยศักย์รีดอกซ์ ความแตกต่างในสภาพออกซิเดชันของรูปโลหะ มีพฤติกรรมทางเคมีที่แตกต่างกัน ในกรณีโครเมียมที่สภาพออกซิเดชันเท่ากับ +6 เช่น ($Na_2Cr_3O_7$) จะมีสภาพการละลายและความเป็นพิษได้มากกว่าโครเมียมที่สภาพออกซิเดชันเท่ากับ +3 เช่น $Cr_2(SO_4)_3$ (James และ Bartlett, 1983)

2.1.3.9 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity, C.E.C.)

C.E.C. ของดินวัดจากความหนาแน่นของประจุของดิน ในการกระทำของความสามารถของดินที่ดูดซับไอออนประจุบวก (แคตไอออน) ดังนั้น การที่มีค่า C.E.C. สูง จะสะท้อนให้เห็นถึงความจุของการซึมซับ (sorption) สูงในดินนั้น โอกาสที่แคตไอออนจะเคลื่อนที่ไปยังสารละลายดินได้ยาก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

2.1.3.10 ลักษณะของเนื้อดิน (Soil Texture)

เนื้อดินสะท้อนให้เห็นถึงการกระจายขนาดอนุภาคดิน และปริมาณอนุภาคละเอียด (fine particle) ที่ชอบออกไซด์และดินเหนียว สารประกอบเหล่านี้เป็นสื่อที่สำคัญในการดูดซับ (adsorption) ของโลหะหนักในดิน Li และ Shuman (1996) พบว่าในดินเนื้อหยาบ (coarse textured soil) ที่ปนเปื้อนสูงของสังกะสีจากฝุ่นของปล่องไฟในเตาผิงอาจชักนำให้เกิดการเคลื่อนที่ของสังกะสี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

2.1.3.11 อุณหภูมิ (Temperature)

ปฏิกิริยาเคมีหลายอย่างขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ปฏิกิริยาเคมีบางปฏิกิริยาจะเกิดความก้าวหน้าของปฏิกิริยาในอัตราที่สูง เมื่อได้รับอุณหภูมิเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของดินอาจทำให้ความเหมาะสมในการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินและรากพืชแปรเปลี่ยนไป อีกทั้งการงอกของเมล็ดพืชและการเจริญเติบโตของพืชก็มีความสัมพันธ์อย่างมากกับอุณหภูมิของดิน อาจสรุปผลได้ว่าผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดินสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพที่จะเกิดขึ้นกับกระบวนการทั้งฟิสิกส์ เคมี และชีวภาพของดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

Davies (1980) อ้างถึงผลงานของ Haghiri (1974) ที่พบว่าการดูดดึงแคดเมียมของข้าวโอ๊ต จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของดินสูงขึ้น กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมเพิ่มขึ้นพืชจะสามารถดูดดึงแคดเมียม แมงกานีส และสังกะสีเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Siriratpiriya, Vergerust และ Selmer-Olsen, 1985) และจากการศึกษาของโสภาพรรณ (2534) พบว่าค่าเฉลี่ยของโลหะหนักในแต่ละฤดูกาลมีค่าแตกต่างกัน โดยมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดในช่วงฤดูร้อน ยกเว้นทองแดงและแคดเมียมที่มีปริมาณสูงสุดในช่วงฤดูหนาวและฤดูฝน

2.2 โลหะหนัก

2.2.1. แคดเมียม (Cadmium, Cd)

2.2.1.1 คุณสมบัติของแคดเมียม

แคดเมียมเป็นโลหะอ่อนสีเงิน อยู่ในหมู่ 2B ของตารางธาตุ มีเลขอะตอม 48 น้ำหนักอะตอม 112.4 จุดหลอมเหลว 320.9 องศาเซลเซียส จุดเดือด 769 องศาเซลเซียส ค่าความถ่วงจำเพาะ 8.65 แคดเมียมมีเลขออกซิเดชั่นเพียงค่าเดียวคือ +2 ละลายได้ในกรดไนตริก และสารละลายแอมโมเนียมไนเตรท (Hawley, 1977) โลหะชนิดนี้ไม่จำเป็นและไม่เป็นประโยชน์ต่อร่างก่าย ยิ่งกว่านี้ยังเป็นพิษต่อร่างกายอีกด้วย แคดเมียมเป็นธาตุที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ มักจะพบอยู่ร่วมกับสังกะสีและตะกั่วแต่มีสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์คล้ายกับสังกะสี คือ ทนทานต่อการผุกร่อน และเนื่องจากแคดเมียมมีโครงสร้างของอะตอมคล้ายกับสังกะสีจึงสามารถเข้าแทนที่สังกะสีในระบบเอนไซม์ ตัวอย่างเช่น แคดเมียมสามารถเข้าแทนที่สังกะสีในระบบเอนไซม์ carboxypeptidase แคดเมียมจะพบร่วมกับสังกะสีในดินเสมอ โดยมีอัตราส่วน Cd/Zn ในช่วงประมาณ 1:100 ถึง 1:1,000 ส่วนของเปลือกโลกมีปริมาณแคดเมียมโดยเฉลี่ย 0.15 – 0.20 มิลิกรัม/กิโลกรัม ปริมาณแคดเมียมในดินทั่วไปมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.07 – 1.0 มิลิกรัม / กิโลกรัม โดยมีค่าสูงในดินฮิสโตซอลส์ (ศุภมาศ, 2545)

2.2.1.2 แคดเมียมในดิน

แคดเมียมในหินอัคนีและหินตะกอนจะมีปริมาณไม่เกิน 0.3 ppm และพบร่วมอยู่กับสังกะสีเสมอ แต่ในสภาพดินเป็นกรดแคดเมียมมีสภาพเคลื่อนที่ได้ดีกว่าสังกะสี แคดเมียมเคลื่อนที่ได้ดี ในดินที่มีค่า pH 4.5 – 5.5 ขณะที่ในดินที่เป็นด่างแคดเมียมไม่ค่อยเคลื่อนที่ ซึ่งในสภาพดินเป็นกรดสภาพละลายได้ของแคดเมียมจะขึ้นอยู่กับออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินัม และปริมาณอินทรียวัตถุในดิน นอกจากนั้นการเปลี่ยนแปลงศักย์รีดอกซ์และพีเอชในดินมีผลต่อการละลายได้ และการแพร่กระจายของแคดเมียมเป็นอย่างมาก และแคดเมียมมีในรูปสารประกอบได้เช่นเดียวกับกลุ่มแคตไอออนคือ Zn^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Fe^{2+}, Mg^{2+}

ในการสลายตัวของหินและแร่ แคดเมียมในดินอยู่ในสภาพละลายได้ง่ายโดยจะอยู่ในรูป Cd^{+2} เป็นส่วนใหญ่ โดยอาจจะอยู่ในรูปไอออนเชิงซ้อน (Complex ion) และสารประกอบได้ดังนี้

แคตไอออน : $CdCl^{+}$, $CdOH^{+}$, $CdHCO_3^{+}$

แอนไอออน : $CdCl_3^{-}$, $CdCl_4^{2-}$, $Cd(OH)_3^{-}$, $Cd(OH)_4^{2-}$

สารประกอบ : CdO, $CdCO_3$

ปัจจัยสำคัญที่สุดที่ควบคุมสภาพการเคลื่อนที่ได้ของแคดเมียมในดินคือ พีเอช และศักย์รีดอกซ์ ซึ่งดินที่มีศักย์รีดีอกซ์สูง แคดเมียมจะอยู่ในรูปสารประกอบ CdO หรือ $CdCO_3$ หรืออาจรวมอยู่กับฟอสเฟตได้เช่นเดียวกัน

2.2.1.3 ปริมาณในดินและพืช

ปริมาณแคดเมียมในดินทั่วไปมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.07 – 1.0 mg/kg โดยทั่วไปมีค่าเฉลี่ยสูงในดินฮิสโตซอลส์และค่าเฉลี่ยโดยรวมของดินทั่วไปมีค่า 0.53 mg/kg สำหรับดินที่มีการปนเปื้อน นอกจากนั้นจากการทดลองของสถานีทดลองการเกษตรในประเทศอังกฤษพบว่าการให้ปุ๋ยฟอสเฟตหรือปุ๋ยคอกเป็นเวลา 140 ปี ทำให้ดินมีแคดเมียมเพิ่มจากปริมาณที่มีอยู่เดิม 0.51 mg/kg เป็น 0.77 mg/kg

ในพืชปกติทั่วไปจะมีปริมาณแคดเมียมในมวลแห้งน้อยกว่า 1 mg/kg (ศุภมาศ, 2540) ซึ่งปริมาณแคดเมียมในพืชทั่วไปมีค่าต่ำ แต่จะมีค่าสูงในพืชบางชนิด เช่น ผักกาดหอม 0.66 mg/kg หรือในใบผักโขม (Spanich) 0.11 mg/kg (น้ำหนักสด) พืชกินใบ หรือพืชหัวบางชนิดจึงเป็นตัวนำแคดเมียมสู่มนุษย์ เมื่อมีการปนเปื้อนแคดเมียมจะสะสมในส่วนรากมากที่สุด โดยสะสมในใบรองลงมาและมีการเคลื่อนย้ายสู่เมล็ดได้น้อยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างพืชผักคือผักคะน้า ผักกาดขาว และกวางตุ้ง กล่าวคือทั้งผักกาดขาวและกวางตุ้งสะสมแคดเมียมไว้ในต้นและรากมากที่สุด ตามลำดับ (บุปผา, 2527) ถ้าปริมาณแคดเมียมในส่วนเหนือดินของพืชอยู่ในช่วง 5-700 mg/kgโดยน้ำหนักแห้งแล้วอาจก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช (Cheney, 1982) และไปมีผลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของพืช ยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์แสง กระบวนการคายน้ำของพืช รวมทั้งลดปริมาณคลอโรฟิลล์ ทำให้โครงสร้างของคลอโรฟิลล์ผิดปกติได้ (Peligard, 1986) ปริมาณแคดเมียมที่พบในพืชแต่ละชนิด จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ส่วนของพืชถึงแม้จะมีแคดเมียมในพืชสูงมากก็ตาม พืชก็จะปราศจากอาการเป็นพิษจากแคดเมียม ซึ่งนับเป็นอันตรายอย่างมากเพราะพืชเป็นอาหารด่านแรกในห่วงโซ่อาหารของคนและสัตว์ที่กินพืช (ศุภมาศ, 2545) ซึ่งจากการศึกษาปริมาณแคดเมียมในผักบุ้งจีนพบว่าแคดเมียมถูกสะสมไว้ในรากผักบุ้งจีนเป็นส่วนใหญ่ การเจริญเติบโตของใบและลำต้นถูกยับยั้งเนื่องจากพิษของแคดเมียมรุนแรงกว่าส่วนราก ทั้งๆที่สะสมได้น้อยกว่าส่วนราก แสดงว่าใบและลำต้นไวต่อพิษ

ของแคดเมียมมากกว่าราก (วิไลภรณ์, 2523) อาการเป็นพิษที่แสดงในพืชมากน้อยต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืช Tlustos และคณะ (1998) พบว่าการสะสมและกระจายตัวของสารหนูและแคดเมียมในพืช 5 ชนิด ได้แก่ ข้าวโอ๊ต ผักโขม กะหล่ำปลี แครอท และถั่วเขียว มีการสะสมสารหนูในส่วนราก และมีการสะสมแคดเมียมในส่วนใบ

2.2.1.4 การปนเปื้อนของแคดเมียมในสิ่งแวดล้อม

ส่วนของดินชั้นบนมีแคดเมียมปนเปื้อนจากแหล่งที่สำคัญแคดเมียมที่สะสมใน 3 แหล่ง คือ 1) เหมืองแร่ตะกั่วและสังกะสี โดยเฉพาะอย่างยิ่งขั้นตอนการถลุงแร่ 2) กากตะกอนน้ำโสโครก และ 3) ปุ๋ย โดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยคอก (ศุภมาศ, 2545)

ปุ๋ยฟอสเฟตมีแคดเมียมปนอยู่ ซึ่งอาจเนื่องจากหินฟอสเฟตที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีแคดเมียมประมาณ 2 – 170 ppm ซึ่งมีรายงานว่าการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตจะไปเพิ่มปริมาณแคดเมียมในดินเพราะ cadmium phosphate ละลายน้ำได้น้อยและส่วนที่ไม่ละลายนั้นพืชก็ไม่สามารถดูดซึมได้ ดังนั้นแคดเมียมส่วนนี้จึงสะสมอยู่ในดิน แต่ถ้ามีการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียร่วมด้วย ส่งผลให้แคดเมียมมีการละลายได้มากขึ้นเนื่องจากแคดเมียมสามารถทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียเป็นอิออนที่ละลายน้ำได้ คือ $Cd(NH_3)_2^{+2}$ และ $Cd(NH_3)_4^{+2}$ (กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย, 2545)

เหตุการณ์ที่ผ่านมาในอดีตเกิดการปนเปื้อนของแคดเมียมในนาข้าวจากแม่น้ำจินทสึ (Jintsu River) ในประเทศญี่ปุ่นซึ่งเกิดจากการปล่อยน้ำเสียของบริษัทที่ผลิตแร่ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสีบริเวณต้นน้ำซึ่งแคดเมียมเป็นของเหลือทิ้งออกมาเพราะในธรรมชาติมักจะพบแคดเมียมร่วมกับสังกะสีเสมอในอัตราส่วน Zn/Cd ประมาณ 900/1 ส่งผลให้นาข้าวที่บริโภคนั้นมีแคดเมียมปริมาณ 1 ppm จึงทำให้คนที่กินข้าวนี้และดื่มน้ำที่มีแคดเมียมปนเปื้อนอยู่เกิดอาการไตล้มเหลว ปวดกระดูก เรียกว่าโรค “อิไต – อิไต” (ศุภมาศ, 2545)

แคดเมียมแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมจากการระเบิดของภูเขาไฟและการพังทลายของหินต้นกำเนิดแต่น้อยกว่าการกระทำของมนุษย์ ซึ่งมีผลต่อการแพร่กระจายของแคดเมียมในบรรยากาศ บนพื้นดิน ในแหล่งน้ำ ทะเลสาบ และมหาสมุทร อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับแคดเมียม เช่น อุตสาหกรรมพลาสติก แก้ว สี ปุ๋ย และฝุ่นละอองที่เกิดจากยานพาหนะบนท้องถนนล้วนแต่มีผลต่อปริมาณแคดเมียมที่แพร่กระจายลงสู่แหล่งน้ำได้ (McNeely, Neimanis และ Dawyer, 1979; Forstner และ Wittmann., 1988) ปริมาณแคดเมียมในดินตะกอนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณสารอินทรีย์ที่สูญหายไปในดินตะกอน โคลนมี humic material ประกอบอยู่

เป็นสัดส่วนสำคัญในการดูดซับแคดเมียมด้วย Absorption process ซึ่งเป็นกระบวนการที่ลดปริมาณแคดเมียมในแหล่งน้ำได้ โดยการเคลื่อนย้ายไปสะสมในดินตะกอนแต่แคดเมียมในดินตะกอนสามารถออกสู่แหล่งน้ำได้เมื่อความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้นกล่าวคือ มีการเกิด desorption process และการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในดินสามารถลดความเข้มข้นของแคดเมียมในดินได้ (Fraccis และ Dodge, 1988; Hirsch และ Banin, 1990) แคดเมียมในแหล่งน้ำอยู่ในรูปคอลลอยด์ หรือสารละลาย อนุภาคทำให้ปริมาณแคดเมียมในลำธารสูงขึ้น ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแคดเมียมในสิ่งแวดล้อมคือ ลักษณะทางกายภาพและเคมีของสิ่งมีชีวิตในน้ำ แหล่งมลพิษ ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำ ตลอดจนการถ่ายทอดแคดเมียมไปตามห่วงโซ่อาหาร (Brams และ Anthony, 1983; Van der Zee , Van Riemsdijk และ Hanh, 1988)

การแพร่กระจายของแคดเมียมที่กระจายอยู่ในอากาศอยู่ในรูปไอของแคดเมียม แคดเมียมออกไซด์ ถ้ารับไอของแคดเมียมจะเป็นอันตรายต่อปอดแบบฉับพลันภายใน 2 – 4 ชั่วโมง ทำให้มีอาการปอดอักเสบหรืออาจถึงตายได้ (Babich และ Stotzky, 1980) พิษของแคดเมียมคือขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ที่มีหมู่ซัลไฮดริล (-SH) และขัดขวางวิถีทาง oxidative phosphorylation ทำให้ความเกิดดันโลหิตและเกิดโรคโลหิตจาง โดยปกติแคดเมียมจะเข้าไปแทนที่สังกะสีในอวัยวะต่าง ๆ ทำให้ไม่สามารถทำงานตามปกติได้ ตับและไตที่มีการสะสมแคดเมียมในปริมาณมากจะมีโครงสร้างและการทำงานที่ผิดปกติไป ก่อให้เกิดอาการผิดปกติที่กระดูกส่วนต่าง ๆ ของทารก (Sitting, 1976; Berman, 1980; Reilly, 1980 และ Lee, 1983)

2.2.1.5 ความเป็นพิษของแคดเมียม

ความเป็นพิษของแคดเมียมโดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อมนุษย์นั้นจะมีทั้งผลเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง แคดเมียมสามารถเข้าไปสะสมในร่างกาย ทั้งระบบทางเดินหายใจ ผิวหนังและระบบทางเดินอาหาร ซึ่งส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการกินอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีแคดเมียมปนเปื้อน เนื่องจากอาหารหรือเครื่องดื่มดังกล่าวบรรจุภาชนะที่เคลือบด้วยแคดเมียม โดยปริมาณที่มีผลอาจทำให้ถึงตายได้อยู่ที่ 350 – 3,500 มิลลิกรัม และปริมาณที่มีผลทำให้ตายได้อยู่ที่ 1,530 – 8,900 มิลลิกรัม (กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย, 2545) ในการรับประทานอาหารของคนไทยได้รับปริมาณแคดเมียมจากพืช 28.82 ไมโครกรัมต่อวัน โดยแคดเมียมในอาหารจะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายโดยผ่านทางลำไส้ร้อยละ 3 – 8 ระบบทางเดินหายใจดูดซึมร้อยละ 13 – 15 ที่ไตร้อยละ 33 ที่ตับร้อยละ 13.8 และที่ตับอ่อนร้อยละ 3.3 ในช่วงระยะเวลา 1 วัน แคดเมียมสามารถสะสมไว้ในร่างกาย 2 ไมโครกรัม บางครั้งอาจสูงถึง 3 – 4 ไมโครกรัมในผู้ที่สูบบุหรี่จัด (ศุภมาศ, 2545) และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามอายุ เนื่องจากค่าครึ่งชีวิต (biological half life) ของ

แคดเมียมยาวจึงทำให้การสลายตัวของแคดเมียมใช้เวลานาน ร่างกายมนุษย์หรือสัตว์จะขับถ่ายแคดเมียมปนมากับปัสสาวะมากกว่าอุจจาระ คนปกติจะมีแคดเมียมปนมากับน้ำปัสสาวะประมาณ 2-5 ไมโครกรัมต่อวัน แคดเมียมในอุจจาระจะขับถ่ายออกจากเยื่อบุ (muscosal) ในกระเพาะอาหาร ลำไส้ ตับอ่อน น้ำดี และต่อมพาโรติด (parotid gland) นอกจากนี้แคดเมียมปริมาณน้อยๆ จะถูกขับปนออกมากับเหงื่อ ความเป็นพิษเฉียบพลันของแคดเมียมถ้าได้รับสูงถึง 326 มิลลิกรัมจากอาหาร จะมีอาการปวดหัวอย่างรุนแรง เสมหะมาก อาเจียน ท้องเดิน ถ้าได้รับ 350 มิลลิกรัม ถึง 1 กรัม อาจจะให้เกิดอาการช็อคและล้มลงทันทีจนอาจถึงตายได้อย่างน้อยภายในเวลา 24 ชั่วโมงหรือภายใน 1-2 สัปดาห์ และในระหว่างนี้ตับและไตอาจถูกทำลาย ส่วนผลระยะยาวเมื่อได้รับแคดเมียม 30-40 มิลลิกรัมต่อวันเป็นเวลานานจะมีผลเสียโดยตรงกับการสร้างกระดูก โดยแคดเมียมจะไปลดการสะสมของธาตุแคลเซียม ขณะที่มีการสร้างและซ่อมแซมกระดูกและจะไม่มีการสะสมของคอลลาเจน (collagen) ในกระดูก โดยที่แคดเมียมเป็นตัวการที่ทำให้เอนไซม์ไลซีออกซิเดส (lysyloxidase) หมดประสิทธิภาพ จึงทำให้กระดูกผุกร่อนเสียรูปและทำให้เจ็บปวดมาก เรียกโรคนี้ว่า โรคอิไต-อิไต (Itai-Itai) นอกจากนี้แคดเมียมมีผลเสียต่อการทำงานของร่างกายทุกระบบ เช่น ทำลายระบบทางเดินอาหาร ระบบประสาทส่วนกลาง และเส้นประสาทถูกทำลายระบบการเมตาโบลิซึมของธาตุเหล็ก สังกะสี และทองแดง ทำงานผิดปรกติ แคดเมียมลดการสังเคราะห์โปรตีนในระบบสืบพันธุ์ แคดเมียม 100 – 150 มิลลิกรัมจะทำลายการทำงานของลูกอัณฑะโดยการลดการสร้างกรดออกซิไรโบนิวคลีอิค

2.2.2 สังกะสี (Zinc,Zn)

2.2.2.1 คุณสมบัติของสังกะสี

สังกะสีเป็นโลหะที่อยู่ในหมู่ 2B ในตารางธาตุ มีน้ำหนักอะตอม 65.37 เลขอะตอม 30 ความถ่วงจำเพาะ 7.14 จุดหลอมเหลว 419.5 องศาเซลเซียส จุดเดือด 906 องศาเซลเซียส สังกะสีมีคุณสมบัติต่อการผุกร่อนได้ดี ดังนั้นจึงมีการนำเอาสังกะสีมาฉาบผิวเหล็กเพื่อช่วยให้เหล็กคงทนต่อการทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศ สังกะสีมีเลขออกซิเดชันเพียงค่าเดียวคือ +2 (Hawley,1977)

สภาพธรรมชาติจะพบสังกะสีได้ทั่วไปของเปลือกโลกและหิน สินแร่ที่ให้สังกะสี ได้แก่ sphallerlite (ZnS), marmatile (Fe_2 Zn_3) นอกจากนี้ยังพบว่ามีปะปนอยู่ใน cadmium sulfide (CdS) ด้วย ในธรรมชาติพบในรูปแร่หรือสารประกอบสามารถรวมตัวกับสารอินทรีย์ ดังนั้นบริเวณที่มีสารอินทรีย์จะพบสังกะสีอยู่ด้วย (Hawley, 1977) การสลายตัวของแร่

สังกะสีทำให้ได้สังกะสีในรูป Zn^{2+} ซึ่งเคลื่อนย้ายได้ดีในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรด แต่เมื่ออยู่ในดินก็จะถูกดูดซับโดยแร่และสารอินทรีย์จึงพบการสะสมของสังกะสีได้ในผิวดินชั้นบน รูปของสังกะสีที่พบได้มากที่สุดในดินคือรูป Zn^{2+}

สังกะสีพบได้ทั้งในพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ (Burch, Hanh และ Sullivan, 1975) ถึงแม้สังกะสีจะมีมากในธรรมชาติ โลหะสังกะสีและออกไซด์ของสังกะสีละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อย ส่วนสังกะสีคลอไรด์ละลายน้ำได้ดี ความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของสังกะสีในขณะนั้น ไอออนของสังกะสีจะถูกดูดซับด้วยดินตะกอน ความเข้มข้นของสังกะสีจะเพิ่มขึ้นถ้าความเป็นกรดของน้ำเพิ่มขึ้น โดยปกติแหล่งน้ำผิวดินจะมีสังกะสีน้อยกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่พื้นที่ซึ่งน้ำเป็นกรดหรือบริเวณพื้นที่ในเมืองจะมีความเข้มข้นของสังกะสีสูงถึง 50 มิลลิกรัมต่อลิตร (McNeely, Neimanis และ Dawer, 1979)

สังกะสีเป็นธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย แต่ในปริมาณน้อยมาก มีความสำคัญต่อเมตาบอลิซึมของร่างกาย เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายชนิด ในพลาสมาของคนปรกติจะมีสังกะสีอยู่ระหว่าง 70 – 114 μg/100 ml (Berman, 1980) สังกะสีจะถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็กก่อนแล้วถูกขับออกทางอุจจาระ ปัสสาวะ และเหงื่อ (Burch, Hanh และ Sullivan, 1975)

สังกะสีนำไปใช้ประโยชน์และอุตสาหกรรมต่าง ๆ คือ ใช้ทำโลหะผสมทำถ่านไฟฉาย ท่อน้ำ เครื่องใช้ต่าง ๆ สารประกอบสังกะสีใช้ในอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง เช่น อุตสาหกรรมเกี่ยวกับยาง สี เครื่องสำอางค์ ผ้า กระดาษ การปรุงยา การกลั่นน้ำมัน การทำเรยอน ยาปราบศัตรูพืช (Sitting, 1976; Reilly, 1980)

2.2.2.2 สังกะสีในดิน

การสลายตัวของแร่สังกะสีทำให้ได้สังกะสีในรูป Zn^{2+} ซึ่งเคลื่อนย้ายได้ดีในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรดแต่เมื่ออยู่ในดินก็จะถูกดูดซับโดยแร่และสารอินทรีย์ จึงพบการสะสมของสังกะสีได้ดีในดินบน

รูปของสังกะสีที่พบได้มากที่สุดในดินคือรูป Zn^{2+} สังกะสีในรูปอื่นอาจปรากฏให้เห็นได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

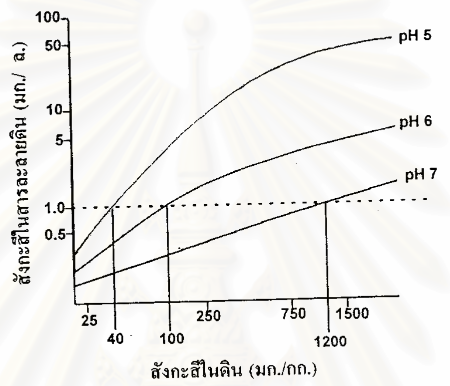
รูปแคตไอออน : Zn^{2+} , $ZnCl^{+}$, $ZnOH^{+}$, $ZnHCO^{+}_{3}$

รูปแอนไอออน : ZnO_2^{-} , ZnO_2^{2-} , $Zn(OH)_3^{-}$

สารประกอบ : $ZN(OH)_2$, ZnO , $Zn_3(PO_4)_2$, H_2O , $Zn_5(OH)_6(CO_3)_2$, $ZnCO_3$

ปัจจัยสำคัญที่ควบคุมสภาพเคลื่อนที่ได้ของสังกะสีนั้นคล้ายคลึงกับของทองแดงเป็นอย่างมาก แต่สังกะสีอยู่ในสภาพละลายได้ในปริมาณที่มากกว่าทองแดง

พีเอชนับเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ทำให้สังกะสีละลาย ถูกพืชดูดกินได้ การดูดซับสังกะสีของดินจะลดลงเป็นอย่างมากเมื่อ pH ของดินต่ำกว่า 7 และสังกะสีจะเคลื่อนย้ายได้ดีถ้าเป็นดินเนื้อหยาบซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่นและยิ่งไปกว่านี้หากในสภาพดินเป็นกรดและเนื้อหยาบดังกล่าวแล้ว การชะละลายจะเกิดขึ้นได้สูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินพอดซอลส์และดินบราวน์แอซิด (Brown acid soils) ที่มีหินทรายเป็นวัตถุต้นกำเนิด (ดังรูปที่ 2.1)



รูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพละลายได้ของสังกะสีกับพีเอชของดินและปริมาณสังกะสีทั้งหมด (ศุภมาศ, 2545)

พีเอชของดินมีอิทธิพลต่อออกซิเดชันของสังกะสีและสภาพละลายได้ของไฮดรอกไซด์และเกลือของสังกะสี และอิทธิพลดังกล่าวจะลดลงถ้าสังกะสีอยู่ในรูปคีเลต คีเลตของสังกะสีในดินชั้นบนอาจไม่เสถียรเท่าคีเลตของทองแดงแต่ในดินที่มีสังกะสีอยู่น้อยคีเลตเกิดขึ้นนี้ยิ่งไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชและหากคีเลตอยู่ในสภาพละลายได้ก็อาจจะเคลื่อนย้ายลงสู่ดินชั้นล่างได้ ในดินที่มีสังกะสีในรูปคีเลตมากเมื่อพีเอชของดินต่ำลงสังกะสีจะถูกปลดปล่อยออกมาในปริมาณที่มากจนอาจเป็นพิษต่อพืชได้ ดังนั้นการเพิ่มพีเอชของดินโดยการใส่ปูนจะช่วยลดสภาพละลายได้ของสังกะสีลงได้ ในสภาพดินที่มีพีเอชสูงสังกะสีจะอยู่ร่วมกับสารอินทรีย์มากขึ้น นอกจากนั้นสภาพละลายได้ของสังกะสีเป็นปฏิภาคผกผันกับการอิ่มตัวของแคลเซียมและสารระกอบฟอสฟอรัสในดิน ในดินที่มีปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสสูง หรือในดินที่มีแร่ที่อิ่มตัวด้วยแคลเซียม เช่น แอลโลเฟน (allophone) โอเมโกไลต์ (omagolite) และมอนต์มอริลโลไนต์และแร่ประเภทไฮดรัสออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินัม สังกะสีจะถูกตรึงโดยสารเหล่านี้ โดยอาจถูกดูดซับและตกตะกอน ซึ่งหากมีสังกะสีในปริมาณต่ำก็อาจทำให้พืชขาดสังกะสีได้ (ศุภมาศ, 2545)

2.2.2.3 ปริมาณในดินและพืช

ปริมาณสังกะสีในดินบนมีค่าแตกต่างกันตามชนิดของดิน เช่น ในสหรัฐอเมริกา สังกะสีมีปริมาณที่ผันแปรมากตั้งแต่ 5-220 ppm ในดินปลูกข้าวโพดในประเทศไทยซึ่งมีชุดดินสำคัญอยู่ 3 ชุดดินคือ เลย และโคราช ดินตาคลีซึ่งเป็นดินที่มีพีเอชสูงทำให้ข้าวโพดขาดสังกะสีจนแสดงอาการขาดให้เห็นได้ ชุดดินนี้มีสังกะสีอยู่ 2.5 – 4.8 ppm เมื่อสกัดดินด้วย 0.1 N HCl ส่วนดินโคราชและดินเลยมีสังกะสีอยู่ในปริมาณ 7 – 16 ppm โดยที่การสกัดดินด้วย 0.1 N HCl นับเป็นวิธีที่ให้ผลดี ในดินที่มีการปนเปื้อน อาจพบสังกะสีได้ตั้งแต่ 100 ppm ขึ้นไป โดยที่สังกะสีในพืชโดยทั่วไปมีประมาณ 5-38 ppm และที่สังกะสีในปริมาณ 20-30 ppm สามารถทำให้พืชที่ไวต่อสังกะสีแสดงอาการเป็นพิษได้

2.2.2.4 การปนเปื้อนและผลต่อสิ่งแวดล้อม

สังกะสีเป็นธาตุที่ละลายได้ดีในสภาพเป็นกรด สังกะสีสามารถแพร่กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อมทางน้ำได้มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากทางน้ำทิ้งจากโรงงานถลุงแร่สังกะสีและจากการใช้ยาปราบศัตรูพืช เป็นต้น (เปี่ยมศักดิ์,2525 อ้างถึงใน พรรณราย, 2543) พบว่า การชะล้างของน้ำฝนจากบ้านที่มุงหลังคาโลหะสังกะสีเคลือบ มีโอกาสปนเปื้อนลงในแหล่งน้ำได้ และจะมีผลกระทบต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำซึ่งความเป็นพิษของสังกะสีนั้นจะไปทำลายเซลล์บริเวณเหงือกของปลา และมีผลต่อการวางไข่และตัวอ่อนของปลา นอกจากนี้ยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลาทำให้การเจริญเติบโตของปลาช้าลงในบริเวณปากแม่น้ำบางแห่ง พบว่าสามารถฆ่าตัวอ่อนของหอยได้ที่ความเข้มข้น 0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ละระดับความเป็นพิษที่สามารถฆ่าหอยที่เป็นตัวแก่และปลาได้ อาจมีค่าสูงถึง 10 มิลลิกรัมต่อลิตร (Portmann, 1972) สังกะสีในรูปของสารประกอบเป็นพิษมากกว่าในรูปของธาตุหรือไอออนอิสระ (Hegstrom และ Stephen, 1989) ความเป็นพิษของสังกะสีไม่สามารถลดลงได้ด้วยหมู่ SH-(Sulhydrin)เหมือนโลหะชนิดอื่น (Catherine และ Dheiann, 1989)

ของเสียจากโรงงานที่มีสังกะสีในปริมาณสูง เช่นเถ้าฟุ้งกระจายหรือเถ้าลอย (fly ash) อาจนำไปใช้เป็นปุ๋ยสังกะสีได้ในดินที่เป็นกรด (ศุภมาศ, 2545) อย่างไรก็ตามถ้าวัสดุเหลือใช้มีสังกะสีอยู่มากและแคดเมียมอยู่สูง เช่น กากตะกอนหลายชนิด การลดปริมาณสังกะสีในดินให้น้อยลงอาจทำได้โดยยกระดับพีเอชให้เลย 6.5 ซึ่งเป็นคำแนะนำในการใช้กากตะกอนโดยทั่วไป

พืชแต่ละชนิดแสดงอาการเป็นพิษต่อสังกะสีในระดับแตกต่างกัน โดยทั่วไปจะถือว่าสังกะสีที่สกัดได้โดยกรดแอซิติกในปริมาณเกิน 60 ppm เป็นระดับที่เริ่มเป็นพิษ แต่พืชหลายชนิดอาจจะยังไม่แสดงอาการเป็นพิษจนสังกะสีมีปริมาณถึง 200 ppm พืชที่ไวต่อพิษของสังกะสีเรียงจากมากไปน้อยได้ดังนี้ โคลเวอร์ ผักกาดหอม หัวไชเท้า และโอ๊ต (อาจใช้เป็นตัวแทนของ ถั่ว ผัก พืชหัว และธัญพืชได้) ข้าวโอ๊ตคงยังมีสภาพปกติแม้จะมีสังกะสีในพืชมากกว่าสภาพปกติถึง 20 เท่า (ศุภมาศ, 2545)

2.3. อีดีทีเอ (Ethylene Diamine Tetra – Acetric Acid, EDTA)

2.3.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอีดีทีเอ

อีดีทีเอ หรือ Ethylene Diamine Tetra – Acetric Acid (EDTA) เป็นสารประกอบหลักในน้ำยาทำความสะอาดผิว บ้างก็นำอีดีทีเอมาใช้เป็นสารคีเลชั่น เนื่องจากอีดีทีเอสามารถจับกับโลหะหนัก และสารโลหะทรานซิสชั่น ทำให้โลหะสามารถละลายน้ำได้ดี Chen และ Cutright (2001) ได้ศึกษาผลของ EDTA ต่อการดูดดึง Cd Cr และ Ni ของ *Helianthus annuus* โดยทำการเติม EDTA หลายระดับ จากการทดลองพบว่า หลังจากที่มีการเติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 g/kg จะทำให้ระดับความเข้มข้นของ Cd และ Ni ในส่วนยอดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จาก 34 และ 15 เป็น 115 และ 117 mg/kg ตามลำดับ นอกจากนี้ อีดีทีเอยังใช้เป็นตัวยับยั้งการเน่าเสียของอาหาร โดยเอนไซม์ที่ทำให้อาหารเสียจะจับอยู่กับโลหะทรานซิสชัน อีดีทีเอจะจับกับโลหะนั้นแทนทำให้สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้อาหารเสียได้ หรือเป็นตัวกำจัดรสของโลหะในอาหาร (Benjamin, 2002) โรงงานที่ใช้อีดีทีเอเป็นสารคีเลชั่น คือ โรงงานที่ใช้กระบวนการชุบโลหะแบบ non – cyanide based โรงงานกระดาษและเยื่อกระดาษ โรงงานผลิตสบู่และผงซักฟอก และโรงงานอาหาร

2.3.2 ความเป็นพิษของอีดีทีเอ

อีดีทีเอ ไม่เป็นพิษร้ายแรงต่อมนุษย์ หากหายใจเอาละอองหรือฝุ่นของอีดีทีเอเข้าไป ก็จะทำให้ไอและจาม การสัมผัสกับผิวหนังหรือลูกตามีผลเพียงทำให้ผิวหนังบริเวณที่สัมผัสแดงขึ้นเท่านั้น แต่ถ้ากินหรือกินเข้าไป จะทำให้รู้สึกร้อนในกระเพาะและคลื่นไส้อาเจียน ถ้าได้รับปริมาณมากอาจมีผลต่อไตได้ (National Instisute for Occupational Safety and Health, 2002 อ้างถึงใน อู่แก้ว, 2547) และแม้ว่าจะยังไม่มีกฎหมายหรือมาตรฐานใดๆที่กำหนดค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของอีดีทีเอ แต่ทางโรงงานที่นำอีดีทีเอไปใช้ในกระบวนการผลิต ต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของ

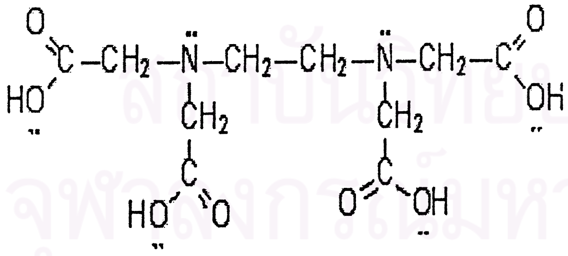
สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อีดีทีเอด้วย เนื่องจากอีดีทีเอสามารถทำให้โลหะที่อยู่ในตะกอนกลับมาเคลื่อนที่ได้อีกครั้งดังตารางที่ 2.1 และรูปที่ 2.2 ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องกำจัดอีดีทีเอก่อนปล่อยทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อม (Tucker และคณะ, 1999)

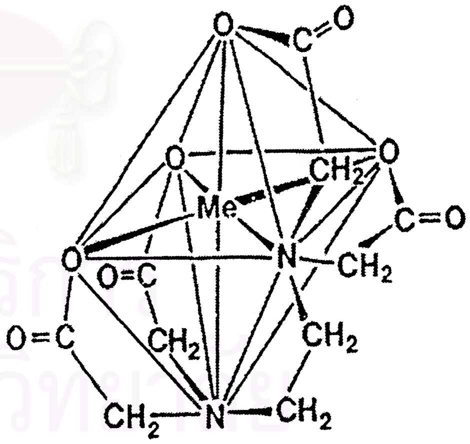
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของอีดีทีเอ

สูตรทางเคมี	$C_{10}H_{16}O_8N_2$
CAS Registry Number	60-00-4
ลักษณะ	เกร็ดหรือผงขาว
มวลโมเลกุล	292.25
พีเอช	2.5 – 3.0
Pk_{a1-16}	0.0, 1.5, 2.0, 2.66, 6.16 และ 10.24
ความสามารถในการละลายน้ำ	0.05 g/100 ml
ค่า Chelation	3.39 mmol/g
จุดหลอมเหลว	240 องศาเซลเซียส

ที่มา : (Chemicalland21, 2006)



ก.



ข.

รูปที่ 2.2 ก. โครงสร้างของอีดีทีเอ ข.โครงสร้างของอีดีทีเอเมื่อจับกับโลหะ(Ramo และ Sillanpaa, 2001)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4. Phytoremediation

Phytoremediation หมายถึง เทคโนโลยีการนำพืชขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ ซึ่งมีลักษณะเฉพาะหรือลักษณะพิเศษมาทำงานร่วมกับจุลินทรีย์ในดิน เพื่อทำความสะอาด บำบัดหรือรักษาสิ่งแวดล้อมที่ปนเปื้อน ได้แก่ ดิน น้ำใต้ดิน น้ำผิวดิน น้ำเสีย หรืออากาศเสีย ในบริเวณและนอกบริเวณที่ปนเปื้อน ทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม (Khan, 2001) หรืออาจเป็นการใช้สารที่พืชปล่อยออกมาจากราก ช่วยกระตุ้นจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ที่รากให้ช่วยสลายสารมลพิษ (EPA, 2000) อาศัยประโยชน์จากกระบวนการดูดน้ำและธาตุอาหารผ่านทางรากของพืช และกระบวนการคายน้ำออกจากทางใบ ในการเปลี่ยนแปลงสารปนเปื้อนให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นพิษ หรืออยู่ในรูปที่มีมูลค่ากระบวนการเหล่านี้ ทำหน้าที่เสมือนเป็นระบบเปลี่ยนรูปสารประกอบอินทรีย์ (เช่น น้ำมัน และสารปราบศัตรูพืช) หรือดูดซับและสะสมจุลธาตุที่เป็นพิษ ได้แก่ โลหะหนักต่าง ๆ เช่น ตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสี ไว้ในลำต้น ซึ่งสารประกอบหรือโลหะหนักเหล่านี้จะถูกกำจัดออกจากพื้นที่เมื่อมีการเก็บเกี่ยวพืชออกไป บางครั้งอาจเรียกเทคโนโลยีนี้ว่า Phytoremediation ว่า Bioremediation, Botanical-Bioremediation และ Green Remediation ด้วย (Chaney และคณะ, 1997) ดินและน้ำที่ปนเปื้อนด้วยโลหะมีพิษ ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา

การใช้สิ่งมีชีวิตเพื่อการบำบัด (Bioremediation) ได้ผลสำเร็จในบางส่วน แต่มีข้อจำกัดคือไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนบางชนิดได้ และยังไม่มีประสิทธิภาพกับพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนด้วยโลหะเป็นพิษโดยเฉพาะที่อยู่ในดิน ดังนั้นวิธีการการกำจัดโลหะเป็นพิษในดินที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน คือ การขุดและฝังกลบขยะอันตรายในพื้นที่หนึ่ง ซึ่งต้องใช้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยประมาณ 1 ล้านเหรียญสหรัฐต่อเอเคอร์ ทำให้หลาย ๆ พื้นที่ยังคงมีการปนเปื้อน เนื่องจากไม่มีการบำบัดหรือกำจัดออก เพราะว่าต้นทุนสูงเกินไปสำหรับการทำความสะอาดสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการใช้วิธี Phytoremediation นั้นจะต้องเป็นการแก้ปัญหาที่ประสบความสำเร็จได้ในทางเศรษฐศาสตร์ สำหรับการบำบัดรักษาพื้นที่บางพื้นที่ (Ilya และ Burt, 2000)

2.4.1 ประเภทของ Phytoremediation

2.4.1.1 Rhizofiltration คือ พืชที่ระบบรากเจริญเติบโตในน้ำที่มีการเติมอากาศ สามารถตกตะกอนและทำให้มีการรวมตัวกันของโลหะที่เป็นพิษจากน้ำทิ้ง (Ilya และ Burt, 2000) หรือรากพืชสามารถดูดซึมสารอนินทรีย์ที่ปนเปื้อนละลายอยู่ในน้ำใต้ดิน และนำมาเก็บสะสมไว้ในราก

2.4.1.2 Phytoextracrion or Phytoaccumulation คือ พืชที่มีมวลมาก พืชที่สะสมโลหะได้และสามารถปรับปรุงดินโดยการเคลื่อนย้ายโลหะที่เข้มข้นในดินไปสู่ส่วนของต้นที่อยู่เหนือ

พื้นดิน โดยจะสะสมไว้ในเนื้อเยื่อพืชทั้งในส่วนของรากและลำต้น ซึ่งต่อมาจะถูกเก็บเกี่ยวด้วยวิธีการทางการเกษตรแบบปกติ (Ilya และ Burt, 2000; มลิวรรณ, 2548)

2.4.1.3 Phytotransformation คือ พืชช่วยย่อยสลายสารปนเปื้อนที่มีโมเลกุลใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงและนำสารโมเลกุลเล็กนั้นไปใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อ (มลิวรรณ, 2548)

2.4.1.4 Phytostimulation คือ การที่รากพืชปล่อยเอนไซม์ออกมากระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ที่อยู่ในบริเวณนั้น ทำให้สารถูกย่อยสลาย (มลิวรรณ, 2548)

2.4.1.5 Phytostabilization คือ พืชที่ทำให้มลสารในดินเกิดความเสถียร มลสารเหล่านั้นจึงไม่ก่อให้เกิดอันตราย (Ilya และ Burt, 2000) หรือพืชที่สามารถป้องกันการปนเปื้อนจากการเคลื่อนย้าย โดยลดการไหลของน้ำ (runoff) การกัดกร่อนผิวหน้าดิน และอัตราการไหลของน้ำใต้ดิน โดยรากพืชจะดูดน้ำใต้ดินในปริมาณมาก ทำให้สามารถควบคุมและป้องกันการเคลื่อนย้ายของสารปนเปื้อนให้อยู่ในเขตน้ำใต้ดิน

2.4.1.6 Phytovolatilization คือ พืชที่สามารถสกัดและเคลื่อนย้ายโลหะที่ระเหยได้ (เช่น ปรอท ซีลีเนียม) จากดิน หรือสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน (Ilya และ Burt, 2000) และปลดปล่อยโดยการคายน้ำหรือการระเหยกลายเป็นไอของสารปนเปื้อนไปสู่บรรยากาศออกทางใบ (Hazardous Substance Research Center, 2002 อ้างถึงใน บุญตา และวันชัย, 2546)

2.4.1.7 Uptake (การดูดดึง) และเก็บมลสารไว้ในลำต้นหรือใบของพืชบางชนิดเรียกว่า Hyperaccumulator โดยมลสารจะผ่านเข้าไปทางราก และเมื่อมลสารถูกสะสมอยู่ในลำต้นและใบ พืชที่ถูกเก็บเกี่ยว ซึ่งพืชเหล่านี้สามารถที่จะนำไปขายได้ แต่หากพืชไม่สามารถใช้ประโยชน์อื่นได้ ก็จะนำไปเผา ซึ่งการบำบัดโดยวิธีนี้จะถูกกว่าวิธีการบำบัดแบบดั้งเดิม มีการรายงานว่าปริมาณดินที่มีการปนเปื้อน 5,000 ตัน จะทำให้เกิดขี้เถ้าจากการเผาพืชเพียง 20 – 30 ตันเท่านั้น (Black,1995 อ้างถึงใน Kelly, 1997) วิธีนี้จึงเป็นวิธีการกำจัดโลหะที่มีประโยชน์มากอย่างยิ่ง

2.4.2 พืชและความสามารถในการกำจัดมลสารปนเปื้อน

มีพืชจำนวนมากที่เหมาะสมสำหรับการใช้วิธี Phytoremediation ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 พืชและสารเคมีที่กำจัดได้

ชนิดพืช	สารเคมีที่สามารถบำบัด
Alfalfa	สารประกอบไฮโดรคาร์บอน
Arabidopsis	ปรอท
Bladder campion	สังกะสี และทองแดง
Brassica (Indian Mustard & Broccoli)	ซีลีเนียม กำมะกัน ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล สังกะสี ทองแดง ซีเซียม และสตรอนเทียม
Family Buxaceae (boxwood)	นิกเกิล
Family Compositae	ซีเซียม สตรอนเทียม
Family Euphorbiaceae	นิกเกิล
มะเขือเทศ	ตะกั่ว สังกะสี และทองแดง
Populus (Poplar, Cottonwood)	ยาปราบศัตรูพืช สารประกอบไนโตรเจน Trichloroethylene (TCE), Carbon tetrachloride, 2,4,6-trinitrotoluene (TNT) และ hexahydro- 1,3,5 – trinitro – 1,3,5 triazine (RDX)
Pennycress	สังกะสี และแคดเมียม
ต้นทานตะวัน	ซีเซียม, สตรอนเทียม และยูเรเนียม
Lemma (Duckweed)	ของเสียจากวัตถุระเบิด
Parrot feather	ของเสียจากวัตถุระเบิด
Pondweed,arrowroot, coontail	TNT และ RDX
Perennial rye grass	Polychlorinatedphenyls (PCP's) และ Polyaomatichydrocarbons (PAH's)

ที่มา : ดัดแปลงจาก Kelly (1997)

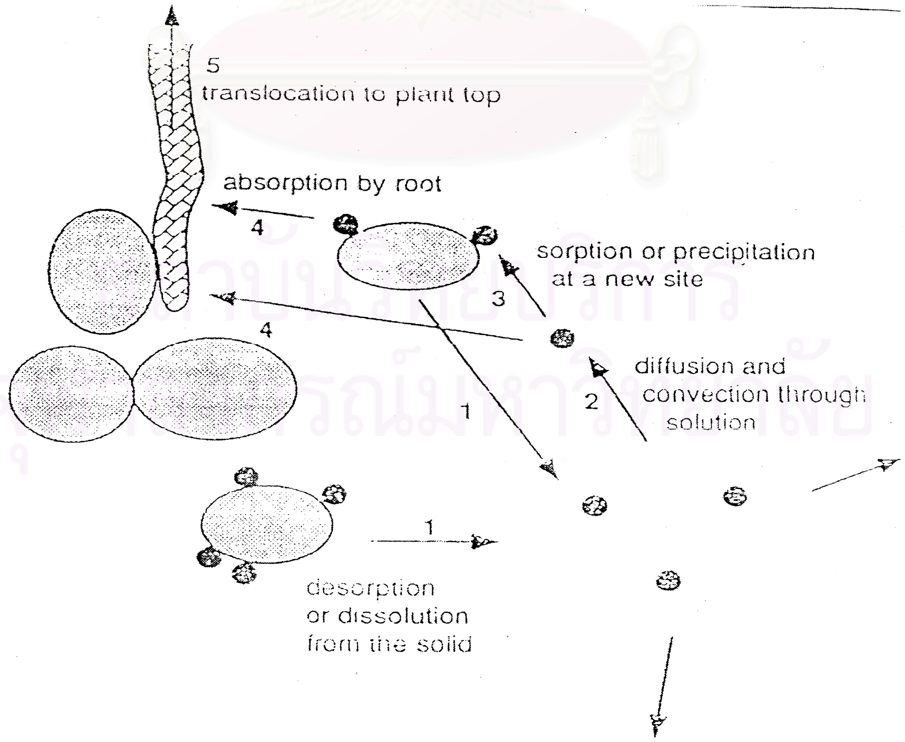
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4.3 ความสัมพันธ์ของพืชกับโลหะหนักในบริเวณรากพืช

ปัจจัยของข้อจำกัดของการดูดดึงโลหะภายในรากพืช คือ การเคลื่อนย้ายแบบช้าๆจากอนุภาคดินสู่ผิวราก สำหรับโลหะทุกชนิดยกเว้นปรอทที่ระเหยได้ การเคลื่อนย้ายนี้จะเกิดขึ้นในสารละลายดิน ความสามารถในการละลายของโลหะจะถูกจำกัดเนื่องจากการดูดยึด (absorption) กับอนุภาคดิน ตะกั่วเป็นสารปนเปื้อนหลักๆที่รู้จักกันดีสำหรับดินที่ไม่มีการเคลื่อนย้ายซึ่งสาเหตุหลักเนื่องจากการตกตะกอนของโลหะในรูป insoluble phosphates, carbonates และ Oxide (Blacklock และ Huang, 1999) ดังนั้น การเพิ่มของความสามารถในการละลายของโลหะในดินจึง

เป็นสิ่งสำคัญในการเพิ่มศักยภาพในกระบวนการ Phytoextraction โดยกลไกที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายโลหะจากดินสู่รากพืช มีดังนี้คือ 1.) การพา (Convection) หรือ Mass Flow และ 2) การแพร่ (Diffusion) (Corey และคณะ, 1984 อ้างถึงใน ศิริลักษณ์, 2548) เนื่องจากการพาไอออนโลหะที่ละลายน้ำจะเคลื่อนที่จาก Soil solids ไปยังผิวราก จากบริเวณ Rhizosphere น้ำจะถูกดูดซึมโดยรากพืชเพื่อนำมาใช้แทนที่น้ำที่ถูกหายใจโดยใบ โดยการดูดน้ำจากบริเวณรากจะสร้าง Hydraulic Gradient โดยตรงจากดินไปยังผิวราก ไอออนบางตัวจะถูกดูดซึมโดยรากพืชมากกว่าอัตราของการใช้น้ำผ่าน mass flow ดังนั้น จะมีพื้นที่ที่ไม่มีอะไรอยู่เลยที่ถูกสร้างขึ้นใกล้กับรากพืชซึ่งสร้าง concentration gradient โดยตรงจากสารละลายดินและอนุภาคดินที่จับตัวกับธาตุที่ถูกยึดอยู่ และสารละลายจะสัมผัสกับพื้นผิวของรากโดยมี concentration gradient เป็นตัวกระตุ้นการแพร่ของไอออนไปยังชั้นที่ว่างเปล่าที่อยู่รอบๆพืช

พืชจะมีกลไกพิเศษของการเพิ่มความเข้มข้นของไอออนโลหะในสารละลายดิน ยกตัวอย่างเช่น ที่ปริมาณการใช้ไอออนต่ำๆ พืชอาจจะเปลี่ยนสิ่งแวดล้อมทางเคมีของบริเวณรากพืชเพื่อกระตุ้นการปล่อยไอออนจากของแข็งในดินเข้าไปในสารละลาย เช่น กลไก Rhizosphere acidification อันเนื่องจาก H^+ ที่ออกมาจากราก (Crowley และคณะ, 1991) นอกจากนี้ พืชบางชนิดสามารถควบคุมความสามารถในการละลายของโลหะในบริเวณรากโดยปล่อยสารประกอบอินทรีย์ต่างๆออกมาจากราก ซึ่ง root exudates complex metal ions จะเก็บไว้ในสารละลายสำหรับดึงดูดเข้าไปในราก (Romheld และ Marschner, 1986)



รูปที่ 2.3 แสดงการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากดินสู่พืช 5 ระยะ (McBride, 1994)

2.4.4 ประสิทธิภาพของ Phytoremediation

ประสิทธิภาพของ Phytoremediation ขึ้นอยู่กับปฏิสัมพันธ์ระหว่างดิน จุลินทรีย์ ชนิดของพืช รูปแบบและชนิดของสารปนเปื้อน โดยปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปฏิสัมพันธ์ดังกล่าวคือ สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ คุณสมบัติของดิน สภาพทางอุทกวิทยา กลไกของพืช และผลกระทบที่เกิดจากเกษตรกรรม (Lasat, 2000) ทั้งนี้หลักการทำงานของ Phytoremediation ต้องอาศัยกระบวนการสำคัญ 3 กระบวนการ (Khan, 2001) คือ

1) การดูดสารปนเปื้อนโดยพืช วิธีที่อาศัยกระบวนการนี้ได้แก่ Phytoextraction และ Phytovolatilization

2) การกระตุ้นการย่อยสลายทางชีวภาพที่เกิดจากจุลินทรีย์ในดินโดยรากพืชได้แก่ Rhizofiltration

3) การเปลี่ยนแปลงสภาพทางเคมีของดินโดยพืช เป็นเหตุให้สารปนเปื้อนไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ และ / หรือเกิดการย่อยสลายไปในที่สุด กระบวนการถูกนำไปใช้ใน Phytostabilization

ดังที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วว่า พื้นที่หรือดินและสารปนเปื้อนนั้น มีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน ซึ่งประสิทธิภาพของ Phytoremediation นั้น ก็ขึ้นอยู่กับปฏิสัมพันธ์ของสิ่งเหล่านี้ จึงจำเป็นต้องพิจารณาดังนี้ (Khan, 2001)

1) ลักษณะพื้นที่ ต้องพิจารณาสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ (อุณหภูมิ ปริมาณฝน หิมะ ลูกเห็บ) ช่วงเวลาและความยาวนานของฤดูเพาะปลูก ปริมาณแสงและการรบกวนที่เกิดจากการทำกิจกรรมอื่น ๆ ในพื้นที่

2) ลักษณะของดิน สมบัติทางเคมี (ความเป็นกรด ความเค็ม) และคุณสมบัติทางกายภาพ (ปริมาณน้ำ อากาศในช่องว่างของดิน การไหลผ่านของน้ำ โครงสร้างของดิน เนื้อดิน ความหนาแน่น และปริมาณสารอินทรีย์)

3) ลักษณะของสารปนเปื้อน ชนิด ความเข้มข้น ลักษณะทางกายภาพ และระดับความลึกของสารปนเปื้อน

4) ชนิดของพืช เนื่องจากในโลกนี้มีพืชชั้นสูงกว่า 250,000 ชนิดและมีสารพิษอยู่มากกว่า 1,000 ชนิดที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม กลไกการดูดซับของพืชแต่ละชนิดจะไม่เหมือนกัน (มลิวรรณ, 2548)

2.4.5 ข้อดีและข้อเสียของ Phytoremediation

การนำ Phytoremediation มาใช้ ก็มีผลกระทบทั้งในแง่บวกและแง่ลบ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ข้อดี

1) ใช้งานได้กับทั้งสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์

2) สามารถทำในห้องทดลองและนอกห้องทดลอง

3) อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้สะดวก และง่ายต่อการบำรุงรักษา

4) เป็นวิธีการบำบัดรักษาสิ่งแวดล้อม ที่มีต้นทุนต่ำกว่าวิธีอื่น ๆ

5) เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และเป็นที่ยอมรับพอใจของสาธารณะชน

6) ลดปริมาณของเสียที่จะนำไปฝังกลบ Harzardous Sustances Research Center, 2002 อ้างถึงใน บุญตา และวันชัย, 2546)

7) พลังงานที่ขับเคลื่อน คือ พลังงานแสงอาทิตย์

8) พืชสามารถที่จะกระตุ้นจุลชีพในดิน ให้ปลดปล่อยสารอาหารและทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายออกซิเจนสู่ราก

9) พืชที่ปลูกไว้จะช่วยลดการกัดกร่อน โดยลมและน้ำในพื้นที่นั้น

10) สามารถทำให้หน้าดินไม่เสียหาย และใช้ประโยชน์ได้ (Kelly, 1997)

11) โลหะสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ทำให้เกิดผลดีทางเศรษฐกิจ

12) เป็นการแก้ปัญหาเพื่อบำบัดรักษาสิ่งแวดล้อมแบบถาวร

13) สามารถประยุกต์ใช้ได้กับสิ่งปนเปื้อนที่หลากหลาย

14) ต้นไม้มีความสามารถในการเพิ่มแรงดันน้ำให้สูงขึ้น (Ilya และ Burt, 2000)

ข้อเสีย

1) จะต้องใช้เวลาหลายปีในการบำบัดรักษาสิ่งแวดล้อม

2) จะต้องขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ

3) มีขีดจำกัดใช้ได้เฉพาะกับพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนอยู่ในระดับที่ไม่ลึกนัก โดยไม่เกินระดับความยาวของรากพืช

4) พืช Phytoremediation หลังเก็บเกี่ยวจะต้องอยู่ในประเภทของเสียอันตราย Resource Conservation and Recovery Act (RCRA)

5) การบริโภคพืชที่ปนเปื้อนยังเป็นสิ่งที่วิตกกังวลอยู่

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6) มีผลกระทบที่เป็นไปได้ต่อห่วงโซ่อาหาร (Harzardous Substance Research Center, 2002 อ้างถึงใน บุญตา และวันชัย, 2546)

7) พืช Hyperaccumulator ตามธรรมชาติจะเจริญเติบโตได้ช้า

8) วิธีการใช้สิ่งมีชีวิตนี้ ไม่สามารถลดสิ่งปนเปื้อนได้ 100 เปอร์เซ็นต์

9) ไม่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับของเสียที่ผสมกัน

10) น้ำใต้ดินและน้ำเสียจากแหล่งต่างๆจะต้องใช้พื้นที่ผิวที่กว้าง (Ilya และ Burt, 2000)

11) สารประกอบที่ระเหยได้ สามารถเคลื่อนย้ายจากมลภาวะในน้ำใต้ดินกลายเป็นปัญหามลภาวะทางอากาศ

12) ประสิทธิภาพจะลดลง สำหรับสิ่งปนเปื้อนที่มีขั้ว ซึ่งจะยึดเกาะกับดินได้อย่างเหนียวแน่น (Kelly, 1997)

2.5. หญ้าแฝก

หญ้าแฝกมีชื่อสามัญทางภาษาอังกฤษว่า vetiver grass เป็นพืชตระกูลหญ้าชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อย และตะไคร้ หญ้าแฝกเป็นพืชพื้นบ้านที่คนไทยรู้จักและนำมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่สมัยโบราณโดยใช้มุงหลังคา ถิ่นกำเนิดที่เป็นศูนย์กลางของการแพร่กระจายพันธุ์หญ้าแฝก สันนิษฐานว่าอยู่ในบริเวณตอนกลางและตอนใต้ของประเทศอินเดีย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) และได้แพร่กระจายลงมาครอบคลุมภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ทั่วโลกมีหญ้าแฝก (vetiver grass) อยู่ประมาณ 12 ชนิด ส่วนในประเทศไทย นักพฤกษศาสตร์ได้ตรวจสอบพบมีอยู่เพียง 2 ชนิดด้วยกัน ได้แก่หญ้าแฝกหอมหรือที่เรียกกันว่าแฝกลุ่มหรือแฝกท้องขาว ซึ่งมีวิทยาศาสตร์ว่า *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash และหญ้าแฝกดอน ซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A. Camus (วีรชัย ณ นคร อ้างถึงในกรมพัฒนาที่ดิน, 2536) ซึ่งหญ้าแฝกหอมนั้นตามธรรมชาติจะพบขึ้นในที่ราบลุ่มน้ำท่วมขัง พบมากตลอดทั่วทุกภาคของประเทศไทย ภาษาท้องถิ่นทางภาคกลางและภาคเหนือตอนล่างเรียกว่าขนาก (วิฑูร, 2537) ในรากของแฝกหอมมีน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่เป็นพวก ketotic sesquiterpenes (วีรชัย, 2536) จึงมีการนำรากหญ้าแฝกมาทำยาสมุนไพร เครื่องหอม นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับการนำรากหญ้าแฝกหอมมาสกัดเป็นสารควบคุมและป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชและสัตว์ได้อีกด้วย เช่น งานวิจัยของฉลองชัย และพินิจ (2536) ศึกษาพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากรากหญ้าแฝกสามารถใช้ในการควบคุม ป้องกัน และกำจัดแมลงศัตรูบางชนิดกับแปลง ผักคะน้า แตงกวา และผักกาดหัวได้ในระดับหนึ่ง ส่วนหญ้าแฝกดอน

จะพบขึ้นทั่วไปตามที่ดอน พื้นที่ลูกรังและมีการนำใบหญ้าแฝกมากรองเป็นตับแฝกใช้มุงหลังคาบ้านเรือน (วิทูร, 2537)

2.5.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

2.5.1.1 ลำต้น (Culm)

หญ้าแฝกเป็นหญ้าที่ขึ้นเป็นกอแน่น มีลักษณะเป็นพุ่ม ใบยาวตั้งตรงขึ้นสูง มีความสูง 100 – 200 เซนติเมตร (กมลพรรณ, 2541) จากสรุปผลการดำเนินงานโครงการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแผกอันเนื่องมาจากพระราชดำริในปี พ.ศ. 2536 พบว่าต้นของหญ้าแฝกมีความสูงเฉลี่ย 150 – 180 เซนติเมตร และหญ้าแฝกที่มีอายุ 1 ปี ส่วนต้นจะมีความสูงจากพื้นดินขึ้นไปเฉลี่ย 160 – 180 เซนติเมตร (ราเชนทร์, 2534) กอแฝกจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ โคนกอเบียดกันแน่นไม่มีไหล (Stolen) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะอย่างหนึ่งแตกต่างจากหญ้าอื่นค่อนข้างชัดเจน ส่วนโคนของลำต้นจะแบน เกิดจากส่วนของโคนใบที่จัดเรียงพับซ้อนกัน ลำต้นแท้จะมีขนาดเล็กซ่อนอยู่ในกาบในบริเวณคอดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541: กมลพรรณ, 2541) การเจริญและการแตกกอของหญ้าแฝกจะมีการแตกหน่อใหม่ทดแทนต้นเก่าอยู่เสมอ โดยเฉพาะแตกหน่อออกทางด้านข้างรอบกอเดิมทำให้กอมีขนาดขยายใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ โดยปกติแล้วหญ้าแฝกมีลำต้นสั้นข้อปล้องไม่ชัดเจน ลักษณะของต้นและกอหญ้าแฝกแสดงได้ในรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 ลักษณะของหญ้าแฝก (1) ลักษณะกอ (2) หน่อ (3) ช่อดอก

ที่มา : (กมลพรรณ , 2541)

2.5.1.2. ใบ (Leaf)

ใบของหญ้าแฝกแตกจากโคนกอ มีลักษณะแคบยาว ขอบใบขนาน ปลายใบสอบแหลม เนื้อของแผ่นใบกร้าน สากและคาย โดยเฉพาะใบแก่ ขอบใบและเส้นกลางใบมีหนามละเอียด หนามบนใบส่วนที่โคนและกลางแผ่นใบจะมีน้อย แต่จะมีมากที่บริเวณปลายใบ มีลักษณะตั้งทะแยงปลายหนามชี้ขึ้นไปทางปลายใบ (กมลพรรณ, 2541) ถ้าตัดใบตามแนวขวางจะเห็นหน้าตัดใบเป็นรูปตัววีหรือตัวยูซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของหญ้าแฝก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

กระจังหรือเยื่อกันน้ำฝนที่โคนใบจะลดรูป มีลักษณะเหลือเพียงแผ่นโค้งของขนสั้นละเอียด สังเกตได้ไม่ชัดเจน (กมลพรรณ, 2541) โคนใบของหญ้าแฝกดอนจะเป็นสันสามเหลี่ยมเด่นชัดและคม ซึ่งเรียกว่าสมนเหลี่ยมคมแฝก เส้นกลางใบของแฝกดอนจะแข็งมีสีเขียวและเป็นสันนูนออกด้านหลัง ความกว้างของใบส่วนที่กว้างที่สุดจะประมาณ 7 มิลลิเมตร ถึง 1 เซนติเมตร ใบหญ้าแฝกหอมจะกว้างกว่า มีเส้นกลางใบสีเขียว ท้องใบหรือด้านหน้าใบจะมีสีขาว ผิวใบมีลักษณะคล้ายฟองน้ำ ด้านหลังใบเป็นสีเขียวตลอด (วิฑูร, 2537)

เมื่อตัดใบตามขวางศึกษาดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จะเห็นด้านหลังใบ (abaxial) เป็นด้านที่มีการกระจายตัวของมัดท่อนำน้ำและอาหาร (vascular bundle) เรียงตัวขนานกันอย่างเป็นระเบียบอยู่ใต้ชั้นผิวใบ (epidermis) มัดท่อนำน้ำและอาหารนี้ห่อหุ้มด้วยกลุ่มเซลล์ผนังบาง (bundle sheath) ที่มีคลอโรพลาสต์อยู่ภายในเซลล์เหล่านี้ ทำหน้าที่เก็บสะสมอาหารและเป็นแหล่งพลังงานที่พืชได้จากการสังเคราะห์แสง ตอนบนของท่อมัดนำน้ำและอาหารจะมีเซลล์ที่ผนังหนา (sclerenchyma) เรียงตัวอยู่ เป็นกลุ่มติดสีย้อมชัดเจน ทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงให้แก่แผ่นใบและมัดท่อนำน้ำและอาหาร ส่วนด้านท้องใบ (adaxial) มีสีจางกว่าด้านหลังใบ ผิวใบด้านนี้ประกอบด้วยเซลล์ผนังบางชั้นเดียว ใต้ผิวใบประกอบด้วยเซลล์ผนังบางเป็นกลุ่ม จัดเรียงตัวเป็นลักษณะคล้ายสะพานเชื่อมต่อระหว่างมัดท่อลำเลียงกับผิวใบ ทำให้เกิดโพรงอากาศขนาดใหญ่ ทำหน้าที่เก็บสะสมน้ำและความชื้น บริเวณตอนกลางของแผ่นใบ (mesophyll) จะมีช่องว่างขนาดใหญ่ (air space) ปรากฏชัดเจนอยู่ทั่วไป ทำหน้าที่เก็บก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อช่วยในกระบวนการสังเคราะห์แสง ด้านหลังใบพบปากใบ (stomata) มากกว่าด้านท้องใบ (กมลพรรณ, 2541)

ที่ตรงกลางของด้านท้องใบจะมีกลุ่มเซลล์ผนังบางขนาดใหญ่ที่ย้อมติดสีแดงจางเรียงตัวอยู่ที่บริเวณรอยพับของใบ (bulliform cells) มีหน้าที่ควบคุมการห่อตัวและการพับของใบด้วยการพองและยุบตัวของเซลล์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

2.5.1.3 ราก (Root)

รากหญ้าแฝกเป็นระบบรากฝอย มีสองขนาดคือ เส้นโตและฝอยขนาดเล็ก เส้นโตจะเหนียวและแข็งเจาะลงไปในดินได้ลึก เส้นขนาดเล็กจะแตกแขนงออกมาจากเส้นใหญ่และสานกันคล้ายร่างแห (วิฑูร, 2537) หญ้าแฝกที่มีอายุ 1 ปี จะมีความยาวรากตั้งแต่ 0.75 ถึงประมาณ 3 เมตร และรากหญ้าแฝกที่เจริญเติบโตในเรือนทดลองจะมีความยาวเฉลี่ย 104.7 เซนติเมตร ในเดือนแรก และมีความยาว 239.9 เซนติเมตรในเดือนที่ 8 (ราเชนทร์, 2534) หญ้าแฝกที่มีอายุประมาณ 18 เดือน รากจะเจริญโตเต็มที่ รากแกนที่ส่วนโคนกอจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางโตประมาณ 2 – 3 มิลลิเมตร ผนังด้านนอกจะแข็งตัวมีลักษณะอวบคล้ายนวม เมื่อรากแก่มากก็จะตายไปและถูกแทนที่ด้วยเซลล์ผิวที่อยู่ถัดไป จะทำหน้าที่เพิ่มความหนาความแข็งแรง ดูดซับน้ำและความชื้นโดยเฉพาะป้องกันส่วนลำเลียงน้ำและอาหารที่อยู่ภายใน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

เมื่อตัดรากตามขวางและศึกษาดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จะเห็นลักษณะการเรียงตัวของเนื้อเยื่อรากด้านนอกประกอบไปด้วยเซลล์ผิว (outer epidermis) อยู่ชั้นนอกสุด ใต้เซลล์ชั้นผิวเป็นเซลล์ที่มีผนังหนาสะสมตามมุม (collenchyma) เรียงตัวอยู่เป็นหลายชั้น ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงและให้ความยืดหยุ่นแก่ราก เซลล์ชั้นในถัดไปจะประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ผนังบางที่เชื่อมต่อกันหลวม ๆ เป็นสายคล้ายสะพานทำหน้าที่กักเก็บน้ำ ในชั้นนี้มีช่องว่างขนาดใหญ่อยู่มากมายจะกักเก็บน้ำเมื่อมีความชุ่มชื้นสูงและเก็บอากาศชื้นเมื่อมีความแห้งแล้ง เนื้อเยื่อรากด้านในส่วนแกนกลางจะประกอบด้วยเซลล์ที่เรียงตัวอัดกันแน่น เซลล์ชั้นนอกสุดจะมีผนังหนาติดสีตอนบน (endodermis) ซึ่งรองรับอยู่ ด้วยเซลล์ผนังบางที่ไม่ติดสีและเรียงตัวอยู่เพียงชั้นเดียว (pericycle) ถัดไปเป็นเซลล์ผนังหนาที่ไม่ติดสี (parenchyma) เรียงตัวอยู่หลายชั้นแทรกอยู่ด้วยเนื้อเยื่อลำเลียงอาหารที่ย้อมติดสีเขียว (pholem) และเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำที่ย้อมติดสีแดง (xylem) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

2.5.1.4. ช่อดอก (Inflorescense)

หญ้าแฝกมีช่อดอกตั้งมีลักษณะเป็นรวง ก้านช่อดอกยาวกลม สูงประมาณ 100-150 เซนติเมตร แต่ในต้นที่สมบูรณ์จะสูงจากพื้นดินเกินกว่า 200 เซนติเมตร เฉพาะส่วนช่อดอกหรือรวงสูงประมาณ 20 – 30 เซนติเมตร แผ่กว้างเต็มที่ 10-15 เซนติเมตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) ช่อดอกจะมีสีน้ำตาลถึงน้ำตาลแดง สีเทา หรือสีขาวนวล ทั้งนี้เนื่องจากเป็นสีของส่วนประกอบที่เป็นก้านช่อดอก แขนงช่อดอก กลีบดอก เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย (วิฑูร, 2537) ช่อดอกหญ้าแฝกจะเปลี่ยนรูปและสีไปตามขั้นตอนของการผสมเกสร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดอกหญ้าแฝกจะอยู่บนแขนงช่อดอกโดยอยู่เป็นคู่ ดอกบนเป็นดอกตัวผู้มีเกสรตัวผู้และก้านดอก ดอกล่างเป็นดอกกระเทยคือมีทั้งเกสรตัวผู้และตัวเมียและไม่มีก้านดอก ดอกหญ้าแฝกจะบานเพื่อผสมเกสรอยู่ประมาณ 4-5 วัน หลังผสมเกสร แขนงช่อดอกจะเริ่มหุบตั้งแต่ปลายช่อลงมาจนถึงโคนช่อและเมล็ด เริ่มแต่งเป็นรวงซึ่งใช้เวลาประมาณ 10-12 วัน เมื่อร่วงหมดจะเหลืออยู่เฉพาะก้านช่อดอก (วิทูร, 2537) ดอกหญ้าแฝกมีรูปร่างคล้ายกระสวย ปลายสอบ ขนาดของดอกกว้าง 1.5-2.5 มิลลิเมตร ยาว 2.5 – 3.5 มิลลิเมตร ด้านหลังของดอกมีผิวขรุขระ มีหนามแหลมขนาดเล็ก (spinulose) โดยเฉพาะที่บริเวณขอบ เห็นได้ชัดเจนเมื่อส่องดูด้วยแว่นขยาย (กมลพรรณ, 2541)

2.5.1.5. เมล็ดและต้นอ่อน (Seed and Seedling)

เมล็ดมีลักษณะกลมยาวคล้ายเมล็ดข้าวเปลือก จะมีหนามเล็ก ๆ เรียงเป็นแถวคล้ายหนามเล็ก ๆ ที่เรียงตามขอบใบ เมล็ดมีสีน้ำตาลปนเทา (วิทูร, 2537) ขนาดโตกว้าง 1 – 1.5 เซนติเมตร ยาว 2.5 – 3 มิลลิเมตร เมล็ดหญ้าแฝกมีความสามารถในการงอกอยู่ในช่วงระยะเวลาจำกัด ถ้าเก็บเมล็ดในช่วงก่อนที่เมล็ดจะแก่เกินไปจนร่วงไปเอง แล้วนำมาเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการจะพบว่ามีเปอร์เซนต์การงอกได้มากกว่า 70 เปอร์เซนต์ แต่เมื่อทิ้งไว้เพียง 3 วัน การงอกจะลดลงเหลือประมาณ 40 % และถ้าทิ้งไว้ 7 วัน อัตราการงอกจะเหลือเพียง 10 % ซึ่งเป็นอัตราการงอกที่ต่ำมาก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) และเนื่องจากเมล็ดหญ้าแฝกมีความไวในการตอบสนองต่อปัจจัยของสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี จึงเสียความสามารถในการงอกได้ง่ายเมื่อประสบกับสภาพความแห้งแล้ง ลมแรง และแดดจัดแม้เพียงช่วงเวลาสั้น ๆ และนอกจากนี้ดอกหญ้าแฝกสามารถติดเมล็ดได้เพียง 50 % เท่านั้น เพราะในแต่ละช่อดอกมีดอกสมบูรณ์อยู่ประมาณครึ่งหนึ่ง ประกอบด้วยการสุกของเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียที่อยู่ในดอกเดียวกันหรือต่างดอกกันมักไม่สัมพันธ์กัน ดังนั้นโอกาสที่จะผสมพันธุ์กันจึงมีน้อย (กมลพรรณ, 2541) จากที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ ทำให้สรุปได้ว่าความสามารถในการงอกที่จำกัดของหญ้าแฝกไม่จัดเป็นวัชพืชเหมือน ๆ กับหญ้าพันธุ์ชนิดอื่น ๆ ที่เห็นอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ

2.5.2 การเปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอน

หญ้าแฝกหอมเป็นพืชที่มีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี และเป็นไปได้ค่อนข้างรวดเร็ว ตามธรรมชาติพบขึ้นในที่ราบลุ่มน้ำท่วมขัง เช่นที่ราบลุ่มภาคกลางขึ้นปะปนกับนาข้าว ภาคเหนือและภาคอีสานพบตามแอ่งน้ำหนองบึง ภาคใต้พบขึ้นตามชายทุ่งและ

คันนา (วิทูร, 2537) หญ้าแฝกหอมจะมีความสามารถในการทนต่อสภาพน้ำท่วมขังได้ดีกว่าหญ้าแฝกดอน เนื่องจากโครงสร้างภายในของรากที่ต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2.3

หญ้าแฝกดอนหรือแฝกพื้นบ้านนั้น มีการกระจายพันธุ์อยู่ในวงแคบตามธรรมชาติเฉพาะในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ คือ ประเทศไทย ลาว เขมร เวียดนาม และมาเลเซียเท่านั้น หญ้าแฝกดอนจะพบได้ทั่วไปในที่ค่อนข้างแล้ง หรือที่ดินระบายน้ำได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะในป่าเต็งรัง แต่จะมีน้อยในภาคใต้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบความแกต่างของหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอน

หัวข้อ	หญ้าแฝกลุ่ม	หญ้าแฝกดอน
1. ถิ่นกำเนิด	ตอนกลางของทวีปเอเชียสันนิษฐานว่าอยู่ในประเทศอินเดียและได้มีการนำไปปลูกขยายพันธุ์ทั่วไป	เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ประเทศไทย ลาว เขมร และเวียตนาม กระจายพันธุ์อยู่ใสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ
2. ลักษณะกอ	- เป็นพุ่ม ใบยาวตั้งตรงขึ้นสูง - สูงประมาณ 150 – 200 เมตร - มีการแตกตะเกียงและแขนงลำต้นได้	- เป็นพุ่ม ใบยาวปลายจะแผ่โค้งลงคล้ายกอตะไคร้ ไม่ตั้งมากเหมือนหญ้าแฝกหอม - สูงประมาณ 100-150 เซนติเมตร - ปกติไม่มีการแตกตะเกียงและแขนงลำต้น
3. ลักษณะใบ	- ยาวประมาณ 45-100 ซม. กว้าง 0.6-1.2 ซม. - ใบสีเขียวเข้ม หลังใบโค้ง ปลายแบน เนื้อใบค่อนข้างเนียน มีไข (Wax) เคลือบมากทำให้ดูมัน ท้องใบออกสีขาวซีดกว่าด้านหลังใบ - แผ่นใบเมื่อนำไปส่องดูกับแสงจะเห็นรอยกั้นขวางในเนื้อใบ (septum) ชัดเจน เส้นกลางใบฝังอยู่ใต้แผ่นใบ ไม่โตหรือเด่นชัด	- ยาว 35-80 ซม. กว้าง 0.4-0.8 ซม. -ใบสีเขียวซีด หลังใบพับเป็นสันสามเหลี่ยม เนื้อใบ หยาบสากคาย มีไขเคลือบเล็กน้อย ทำให้กร้านไม่เหลือบเป็นมัน ท้องใบสีเดียวกับด้านหลังใบ แต่มีสีซีดกว่า - แผ่นใบเมื่อส่องดูกับแสงไม่เห็นรอยกั้นขวางในเนื้อใบ เส้นกลางใบสังเกตได้ชัดเจน ลักษณะแข็งเป็นแกนนูนทางด้านหลัง
4. ลักษณะโครงสร้างภายในของใบ	- เนื้อใบ (mesophyll) หน้ากว่าหญ้าแฝกดอน - ขนาดช่องอากาศ (air space) มีขนาดใหญ่ กว่าหญ้าแฝกดอน	- มีกลุ่มเซลล์ผนัง (buddle sheath extention) หนากว่าหญ้าแฝกหอม ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับมัดท่อน้ำและอาหาร
5. ลักษณะราก	- มีน้ำมันหอมระเหยอยู่เฉลี่ย 1.4 – 1.6 % นน.แห้ง - หยั่งลึกได้ประมาณ 100 – 300 เซนติเมตร	- ไม่มีน้ำมันหอมระเหย - หยั่งลึกได้ประมาณ 80-100 เซนติเมตร
6. ลักษณะโครงสร้างภายในของราก	- มีช่องอากาศภายบริเวณ cortex ขนาดใหญ่กว่าหญ้าแฝกดอน	- มีช่องอากาศในบริเวณ cortex ขนาดเล็กกว่าหญ้าแฝกลุ่ม
7. ลักษณะช่อดอกและดอก	- ช่อดอกสูง 150 – 250 เซนติเมตร - ส่วนใหญ่มีสีอมม่วง - ดอกย่อยไม่มีรยางค์แข็ง	- ช่อดอกสูง 100-150 เซนติเมตร - มีหลายสี ตั้งแต่สีขาวครีมถึงสีม่วง - ดอกมีรยางค์แข็ง
8. ลักษณะเมล็ด	- ขนาดโตกว่าหญ้าแฝกดอนเล็กน้อย สีไม่ต่างกัน	- ขนาดเล็กกว่าหญ้าแฝกลุ่ม

ที่มา : (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541; กมลพรรณ, 2541)

2.5.3 การจำแนกกลุ่มพันธุ์หญ้าแฝกและเปรียบเทียบการเจริญเติบโตสภาพพื้นที่ต่างๆ

นักพฤกษศาสตร์พบว่าหญ้าแฝกขึ้นในทุกภาคของประเทศไทย และได้มีการรวบรวมหญ้าแฝกจากแหล่งต่าง ๆ ทั่วประเทศ ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ที่มีในประเทศไทย (ตามทะเบียนของกรมพัฒนาที่ดิน)

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

ที่มา : (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

จากการศึกษาเปรียบเทียบกลุ่มพันธุ์หญ้าแฝก ซึ่งเป็นหญ้าแฝกดอน 17 กลุ่มพันธุ์และหญ้าแฝกลุ่ม 11 กลุ่มพันธุ์ และกลุ่มพันธุ์จากต่างประเทศ 1 กลุ่มพันธุ์ พบว่าหญ้าแฝกดอนมีการแตกกอดีกว่าหญ้าแฝกลุ่ม คือเฉลี่ย 30 ต้นต่อกอ และ 18 ต้นต่อกอตามลำดับ แต่เส้นผ่านศูนย์กลางกอใกล้เคียงกันคือเฉลี่ย 12 เซนติเมตร สำหรับความสูงหญ้าแฝกลุ่มสูงกว่าหญ้าแฝกดอนเล็กน้อย คือ 104 เซนติเมตร และ 99 เซนติเมตร ตามลำดับ (วิฑูร และอาทิตย์, 2536)

สำหรับความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่นั้น สรุปได้ดังนี้

1) พื้นที่ดินร่วนปนทราย ได้แก่ แฝกดอน 4 กลุ่มพันธุ์ คือ นครสวรรค์ กำแพงเพชร 1 ร้อยเอ็ด และราชบุรี หญ้าแฝกลุ่ม 2 กลุ่มพันธุ์คือ กำแพงเพชร 2 และสงขลา 3

2) พื้นที่ดินร่วน-เหนียว ได้แก่ แฝกดอน 5 กลุ่มพันธุ์ คือ เลย นครสวรรค์ กำแพงเพชร 1 ราชบุรีและประจวบคีรีขันธ์ หญ้าแฝกลุ่ม 2 กลุ่มพันธุ์ คือ สุราษฎร์ธานี และ สงขลา 3

3) พื้นที่ดินลูกรัง ได้แก่หญ้าแฝกดอน 2 กลุ่มพันธุ์ คือ เลย และประจวบคีรีขันธ์ หญ้าแฝกลุ่ม 4 กลุ่มพันธุ์ คือ ศรีลังกา กำแพงเพชร 2 สุราษฎร์ธานี และสงขลา 3

นอกจากนี้กรมพัฒนาที่ดินได้ดำเนินการทดลองและทดสอบกลุ่มพันธุ์หญ้าแฝกที่เหมาะสมในภาคต่าง ๆ ของประเทศไทยได้ดังนี้คือ

1) ภาคเหนือ คือ ศรีลังกา นครสวรรค์ กำแพงเพชร 1 อินเดีย (พระราชทาน) อินเดีย (เขาค้อ) มอนโต้ (ออสเตรเลีย)

2) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ ร้อยเอ็ด สงขลา 3 อินเดีย (พระราชทาน) อินเดีย (เขาค้อ) มอนโต้ (ออสเตรเลีย)

3) ภาคกลางและภาคตะวันออก คือ ประจวบคีรีขันธ์ ราชบุรี กำแพงเพชร 1 กำแพงเพชร 2 สุราษฎร์ธานี สงขลา 3 อินเดีย (พระราชทาน) อินเดีย (เขาค้อ) มอนโต้ (ออสเตรเลีย)

4) ภาคใต้ คือ สงขลา 3 สุราษฎร์ธานี อินเดีย (พระราชทาน) อินเดีย (เขาค้อ) มอนโต้ (ออสเตรเลีย)

และจากการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ระบบรากและผลผลิตของหญ้าแฝกจำนวน 10 กลุ่มพันธุ์ในดินทรายปนดินร่วน ที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองโดย (เฉลียว และคณะ,2540) ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะข้อมูลการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกลุ่มกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีและหญ้าแฝกดอนกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ พบว่าหญ้าแฝกดอนกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีความสูง น้ำหนักสด ความยาวราก และขนาดรัศมีรากมากกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี แต่หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีจำนวนต้นต่อกอมากกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีและประจวบคีรีขันธ์

การเจริญเติบโต	**กลุ่มพันธุ์ สุราษฎร์ธานี**	**กลุ่มพันธุ์ ประจวบคีรีขันธ์**
ความสูงเมื่ออายุ 6 เดือน (ซม.)	134.2	166.3
น้ำหนักสดที่ตัดที่ความสูง 40 ซม. ทุก ๆ 3 เดือนรวมตัด 5 ครั้ง (กรัม)	16,643.40	22,623.30
ความยาวราก (ซม.)	175	215
รัศมีราก (ซม.)	75	134
จำนวนต้นต่อกอเมื่ออายุ 9 เดือน (ต้นต่อกอ)	21.7	14.7

ที่มา : (เฉลียว และคณะ, 2540)

2.5.4 คุณสมบัติพิเศษของหญ้าแฝกที่มีประโยชน์เกื้อกูลต่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ

2.5.4.1 คุณสมบัติอันเนื่องมาจากลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (วิฑูร, 2537)

1. หญ้าแฝกสามารถแตกกอได้จำนวนมาก แน่น แข็งแรง และตั้งตรง

2. ตั้งกอใหม่ขึ้นมาได้ถึงแม้จะถูกตะกอนดินทับถม

3. สามารถตัดต้นและใบให้แตกหน่อใหม่ให้เขียวสดได้อยู่เสมอ

4. รากของหญ้าแฝกเติบโตเร็ว หยั่งลึกในดิน แตกแขนงประสานกันเป็นร่างแหทั้งยังช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินอีกด้วย

5. หญ้าแฝกพันธุ์ที่ได้รับคัดเลือก กระจายพันธุ์ด้วยเมล็ดน้อยหรือแทบไม่มีจึงไม่เป็นวัชพืชร้ายแรง

2.5.4.2 คุณสมบัติอันเนื่องมาจากลักษณะภายนอกทั่วไป

1. ใบของหญ้าแฝกมีหนามละเอียดและคม และรากของหญ้าแฝกมีกลิ่นทำให้ปลอดภัยจากการรบกวนของสัตว์จำพวกงู หนู (ธนาคารโลก, 2537)

2. การขยายผลและการดูแลรักษาง่าย ทำให้เกษตรกรสามารถปลูกและดูแลได้เอง ในลักษณะค่อยเป็นค่อยไป (วิฑูร, 2537)

2.5.4.3 คุณสมบัติด้านความสามารถในการเจริญเติบโต

1. หญ้าแฝกสามารถเจริญเติบโตได้ทุกสภาพภูมิประเทศ ตั้งแต่ที่ราบใกล้เคียงระดับน้ำทะเลถึงพื้นที่ภูเขาสูงถึง 2,600 เมตรจากระดับน้ำทะเล (วิฑูร, 2537) และทุกสภาพภูมิอากาศตั้งแต่พื้นที่ที่ฝนตกเฉลี่ยต่อปีระหว่าง 200 – 6,000 มิลลิเมตร และอยู่ในอุณหภูมิระหว่าง -9 ถึง 45 องศาเซลเซียส (ธนาคารโลก, 2537)

2. หญ้าแฝกสามารถเจริญเติบโตได้ในดินทุกประเภท และในดินที่มีค่าความเป็นกรดตั้งแต่ต่ำจนถึงสูง ดังเช่นที่ประเทศออสเตรเลียได้มีการทดลองปลูกหญ้าแฝกลุ่มกลุ่มพันธุ์มอนโต้ ในพื้นที่ที่มีความเป็นกรดสูง (pH 3.3) และมีระดับแมงกานีสสูงถึง 578 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่าหญ้าแฝกสามารถเจริญเติบโตได้ (Troung, 1999) นอกจากนี้หญ้าแฝกลุ่มยังทนต่อสภาพความเค็มของดินสูงถึง 20 มิลลิโมห์ (วิฑูร, 2537)

3. หญ้าแฝกสามารถทนต่อสภาพน้ำท่วมขังได้บางกลุ่มพันธุ์ โดยศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน จังหวัดฉะเชิงเทรา ทดลองปลูกหญ้าแฝกลุ่มกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีในพื้นที่ลุ่มน้ำขังเกือบทั้งปี พบว่าหญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตได้ดี (สำนักงาน กปร., 2537)

4. หญ้าแฝกมีความต้านทานสูงต่อโรค แมลง และไฟป่า (Troung, 2000)

5. หญ้าแฝกมีความทนทานสูงต่อ Al Mn Cd Cr Ni Pb Hg Se และ Zn ในดิน

6. หญ้าแฝกมีความทนทานสูงต่อสารเคมีกำจัดแมลงและวัชพืช

7. หญ้าแฝกมีประสิทธิภาพสูงในการดูดซับ N P Hg Cd และ Pb ในน้ำเสีย

2.5.5 การใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝก

เนื่องจากคุณสมบัติพิเศษของหญ้าแฝกหลาย ๆ ประการดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ทำให้หญ้าแฝกเป็นพืชที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในกิจกรรมด้านต่าง ๆ ได้มากมาย ซึ่งพอจะสรุปและจำแนกได้ดังต่อไปนี้

2.5.5.1. ประโยชน์ของหญ้าแฝกในการอนุรักษ์ดินและน้ำ

1) การปลูกหญ้าแฝกเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน โดยปลูกเป็นแถวตามแนวระดับขวางความลาดเทของพื้นที่

2) การปลูกหญ้าแฝกเพื่อรักษาความชุ่มชื้นในดิน โดยมีการปลูกล้อมรอบสวนผลไม้หรือไม้ยืนต้น

3) การปลูกหญ้าแฝกเพื่อป้องกันและแก้ไขการเกิดร่องน้ำแบบลึก

4) การปลูกหญ้าแฝกเพื่อกรองตะกอนดินและป้องกันการปนเปื้อนของสารพิษลงแหล่งน้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5.5.2 ประโยชน์ของหญ้าแฝกในด้านการเกษตร

1) การใช้ประโยชน์จากต้นและใบหญ้าแฝกเป็นอาหารสัตว์

2) การใช้ประโยชน์จากต้นและใบหญ้าเป็นวัสดุเพาะเห็ด

3) การใช้ประโยชน์จากต้นและใบหญ้าแฝกเป็นปุ๋ยหมักและพืชคลุมดิน

2.5.5.3. ประโยชน์ของหญ้าแฝกในลักษณะอื่น ๆ

1) การใช้ประโยชน์จากต้นและใบหญ้าแฝกเป็นวัสดุมุงหลังคา

2) การใช้สารสกัดจากรากหญ้าแฝกเป็นเครื่องหอม เครื่องยาสมุนไพร

3) การใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝกในด้านศิลปหัตถกรรม โดยนำส่วนใบสานเป็นเครื่องประดับ เครื่องใช้และภาชนะต่าง ๆ

4) การใช้เศษของต้นและใบหญ้าแฝกที่ไม่ได้ประโยชน์อื่นใดมาผสมรวมกับผักตบชวา ในอัตราส่วน 3:2 และอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งแท่งเชื้อเพลิงนี้มีการเผาไหม้ดีและมีควันน้อย (สำนักงาน กปร., 2541)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 การศึกษาความทนทานและการดูดซับสารพิษและโลหะหนักของหญ้าแฝกในดิน

Troung and Dennis (1998) ได้ศึกษาความทนทานต่อความเป็นพิษของสารหนูในดินของหญ้าแฝกลุ่มกลุ่มพันธุ์มอนโต้ โดยปลูกหญ้าแฝกในดินที่มีระดับความเข้มข้นของสารหนูคือ 0 100 250 500 และ 700 มิลลิกรัมสารหนู / กิโลกรัมดิน จากการศึกษาพบว่า ระดับความเป็นพิษต่อพืชอยู่ระหว่างความเข้มข้นที่ 100 – 250 มิลลิกรัมสารหนู / กิโลกรัมดิน ในขณะที่พืชส่วนใหญ่มีความทนทานที่ระดับความเข้มข้นประมาณ 50 มิลลิกรัมสารหนู/กิโลกรัมดิน และปริมาณน้ำหนักแห้งของต้นหญ้าแฝกลดลงอย่างเห็นได้ชัดที่ระดับความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมสารหนู/กิโลกรัมดิน โดยค่าน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกที่ปลูกในดินที่ระดับความเข้มข้นสารหนู 0 100 และ 250 มิลลิกรัมสารหนู/กิโลกรัมดิน เท่ากับ 43.85 43.15 และ 18.93 กรัม / กระถาง ตามลำดับ และจากการศึกษาการกระจายตัวของสารหนู ในส่วนต่าง ๆ พบว่า ปริมาณที่มีในดินเท่ากับ 688.4 มิลลิกรัม/กิโลกรัมดิน ในส่วนยอดของหญ้าแฝก 8.4 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และพบในส่วนราก 180.2 มิลลิกรัม / กิโลกรัม

การศึกษาการดูดดึงโลหะหนักของหญ้าแฝกโดยใช้หญ้าแฝกดอนกลุ่มพันธุ์ กำแพงเพชร และหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ราชบุรีและสุราษฎร์ธานี ศึกษาการดูดดึงโลหะหนัก 5 ชนิด คือ

กำแพงเพชร และหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ราชบุรีและสุราษฎร์ธานี ศึกษาการดูดดึงโลหะหนัก 5 ชนิด คือ แมงกานีส สังกะสี ทองแดง แคดเมียม และตะกั่ว หญ้าแฝกที่ใช้ศึกษามีอายุ 1 เดือน และทำการเก็บเกี่ยวที่ระยะเวลาการปลูก 60 วันและ 120 วัน พบว่า โลหะหนักไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก น้ำหนักแห้งส่วนยอดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา แต่น้ำหนักแห้งส่วนรากที่ระยะเวลา 60 วันมีค่าสูงกว่ายกเว้นกลุ่มพันธุ์ราชบุรี ซึ่งมีค่าน้ำหนักแห้งของส่วนรากสูงกว่ากลุ่มพันธุ์อื่นที่ระยะเวลา 120 วันอย่างชัดเจน ค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในส่วนยอดที่ระยะเวลา 120 วันต่ำกว่าที่ระยะเวลา 60 วัน เนื่องจากผลของการเจือจางโลหะหนักในเนื้อเยื่อ (Dilution Effect) แต่ความเข้มข้นของโลหะหนักในส่วนรากเพิ่มขึ้นจาก 60 วันถึง 120 วัน เนื่องจากการเคลื่อนย้ายโลหะหนักจากส่วนรากไปส่วนยอดที่จำกัด ดังนั้นประสิทธิภาพในการใช้หญ้าแฝกเพื่อบำบัดดินที่ปนเปื้อนโลหะหนักจะสูงขึ้น หากมีการตัดส่วนยอดของหญ้าแฝกทุก ๆ 3-4 เดือน ซึ่งส่วนยอดที่งอกออกมาใหม่จะกระตุ้นการดูดซับโลหะหนักและกระตุ้นการลำเลียงโลหะหนักจากส่วนรากไปส่วนยอดด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าการดูดดึงโลหะหนักของหญ้าแฝกจะเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของโลหะหนักที่ใส่ลงในดิน (Roongtanakiat และ Chairoj, 2000)

ดุษลักษณ์ (2543) ศึกษาประสิทธิภาพการดูดดึงสารหนูจากดินของหญ้าแฝก 2 ชนิด คือ แฝกหอม *Vertiveria zizaniodes* (Linn.) Nash กลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีและแฝกดอน *Vertiveria nemoralis* (Balansa)A. Camus กลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ในกระถางทดลองทดลองที่ใส่สารประกอบ $Na_2HAsO_4.7H_2O$ ลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0 50 75 100 125 และ 150 มิลลิกรัมสารหนู / กิโลกรัมดินน้ำหนักแห้ง จากการศึกษาพบว่าการสะสมสารหนูในส่วนใบและส่วนรากของหญ้าแฝกพบว่า หญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์สะสมสารหนูไว้ในส่วนรากมากกว่าส่วนใบกับลำต้น โดยกลุ่มพันธุ์ สุราษฎร์ธานีสะสมในปริมาณที่มากกว่าและจากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดดึงสารหนูพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นทั้งสองกลุ่มพันธุ์ โดยกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่ระยะเวลา 90 วัน ที่ระดับความเข้มข้นของสารหนูในดิน 75 มิลลิกรัมสารหนู/กิโลกรัมดินน้ำหนักแห้ง ส่วนกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีค่าสูงสุดที่ระยะเวลา 90 วัน ที่ระดับความเข้มข้นของสารหนูในดิน 125 มิลลิกรัมสารหนู/กิโลกรัมดินน้ำหนักแห้ง

อนุรักษ์ (2544) ได้ทำการวิเคราะห์ตะกั่วและสังกะสีในหญ้าแฝกที่ปลูกบนหางแร่ตะกั่วและหางแร่สังกะสีโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ พบว่า การเจริญเติบโตของแฝกที่ปลูกบนดินทดลองหางแร่ตะกั่วทุกความเข้มข้นที่มีการบำรุงด้วยปุ๋ยมีการเจริญเติบโตดีกว่าแฝกที่ปลูกบนดินที่ไม่มีการบำรุงด้วยปุ๋ย ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของตะกั่วพบว่าแฝกที่ปลูกบนดินหางแร่ตะกั่วที่ระดับความเข้มข้นหางแร่ 100 % ที่ได้รับการบำรุงด้วยปุ๋ยเคมีสามารถดูดซึมตะกั่วไว้ได้มากที่สุด

คือ 182.7 มิลลิกรัม ส่วนแฝกที่ปลูกบนดินทดลองหางแร่สังกะสีพบว่าระดับความเข้มข้นของดินหางแร่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแฝก โดยแฝกที่ปลูกบนดินหางแร่สังกะสีที่ระดับความเข้มข้นหางแร่ 50 % จะมีการเจริญเติบตีกว่าแฝกที่ปลูกบนดินหางแร่สังกะสีที่มีระดับความเข้มข้นของหางแร่ 100 % และจากผลการทดลองพบว่าแฝกที่ปลูกบนดินหางแร่ที่บำรุงด้วยปุ๋ยเคมีมีการตายถึง 75 % ส่วนแฝกที่ปลูกบนดินหางแร่ที่บำรุงด้วยปุ๋ยอินทรีย์ทีการเจริญเติบโตดีที่สุด สามารถดูดซึมสังกะสีไว้ได้ในปริมาณ 38.1 มิลลิกรัม

อัจจิมา (2546) ได้กล่าวถึงการศึกษาความสามารถของการดูดซึมโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินของหญ้าแฝกต่างกลุ่มพันธุ์ พบว่า หญ้าแฝกทั้ง 3 กลุ่มพันธุ์มีความสามารถในการดูดซึมปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินได้โดยอาศัยแนวโน้มว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) ปริมาณโลหะหนักสะสมในรากมากที่สุด รองลงมาเป็นส่วนใบและลำต้น การเจริญเติบโตหรือความทนทานต่อความเป็นพิษของโลหะหนัก พบว่า หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์มอนโตเจริญเติบโตหรือความทนทานต่อความเป็นพิษของโลหะหนักได้มากที่สุด ส่วนปริมาณตกค้างของโลหะหนักในดินพบว่า สารหนูเหลือปริมาณตกค้าง 50.25 mg /kg ตะกั่ว 50.16 mg/kg แคดเมียมเหลือปริมาณตกค้างในดินน้อยมากจนไม่สามารถตรวจวัดได้

2.6.2 การศึกษาความทนทานและการดูดซับสารพิษและโลหะหนักของหญ้าแฝกในน้ำ

มนพ (2538) ศึกษาปริมาณธาตุอาหารและโลหะหนักในหญ้าแฝกหอม โดยพบว่า การดูดซึมปริมาณแคดเมียมของหญ้าแฝกหอมพันธุ์อินเดียในส่วนลำต้นเมื่อเริ่มตัดส่วนใบนำตอซังมาวิเคราะห์พบปริมาณแคดเมียม 0.18 mg/kg เมื่ออายุ 1 และ 3 เดือน พบปริมาณแคดเมียม 0.35 และ 0.22 mg kg^{-1} ตามลำดับ จากค่าเฉลี่ย 0.25 mg /kg ปริมาณแคดเมียมจะอยู่ในช่วง 0.18 – 0.35 mg kg^{-1} โดยสูงสุดเมื่ออายุ 1 เดือนคือ 0.35 mg/kg และในส่วนของราก เมื่อเริ่มตัดส่วนใบนำมาวิเคราะห์พบปริมาณแคดเมียม 0.29 mg/kg เมื่ออายุ 1 และ 3 เดือน พบปริมาณแคดเมียม 0.39 และ 0.43 mg/kg ตามลำดับ จากค่าเฉลี่ย 0.37 mg/kg ปริมาณแคดเมียมจะอยู่ในช่วง 0.29 – 0.43 mg/kg โดยสูงสุดเมื่ออายุ 3 เดือนคือ 0.43 mg/kg จากค่าเฉลี่ยส่วนของรากมีความสามารถดูดซึมแคดเมียมได้มากกว่าส่วนลำต้น

ธนียา (2539) ศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ต่างๆ ในการบำบัดน้ำทิ้ง ได้แก่ แหล่งพันธุ์ราชบุรี สุราษฎร์ธานี อินโดนีเซีย ศรีลังกาและบราซิล ปลูกลงในกระถางแล้วรดด้วยน้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆ ผลการทดลองพบว่าปริมาณโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียมที่พบในส่วนรากมีปริมาณสูงกว่าในส่วนต้นของหญ้าแฝก โดยรากหญ้าแฝกแหล่ง

พันธุ์บราซิลมีปริมาณตะกั่วและแคดเมียมสูงกว่าแหล่งพันธุ์อื่น ในขณะที่ต้นหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อินโดนีเซียจะมีปริมาณตะกั่ว 4.9 mg/kg ส่วนต้นหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์บราซิลและสุราษฎร์ธานีพบว่ามีปริมาณแคดเมียมสูงกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่นๆ

วงศ์พงา (2544) ได้กล่าวไว้ถึงประสิทธิภาพของหญ้าแฝกหอม *vetiveria zizainoides* (Linn.) Nash และหญ้าแฝกดอน *vetiveria nemoralis* A. Camas ในการกำจัดโครเมียมที่สร้างขึ้นเพื่อการบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้ายจากโรงฟอกหนัง พบว่าการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักแห้ง และความสูงในบ่อทดลองที่ระดับน้ำเสียทั้ง 3 ระดับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p<0.05$) ทั้งสองสายพันธุ์ โดยหญ้าแฝกดอนสายพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีน้ำหนักแห้งและความสูงมากกว่าหญ้าแฝกหอมสายพันธุ์สุราษฎร์ธานีทุกระดับน้ำ นอกจากนี้ยังทำการศึกษาการสะสมโครเมียมในดินและในพืช พบว่าหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์มีการสะสมโครเมียมไว้ในส่วนรากมากกว่าส่วนใบและลำต้น เมื่อพิจารณามวลชีวภาพรวมพบว่าโครเมียมส่วนใหญ่ถูกสะสมอยู่ในดินซึ่งมีลักษณะเป็นดินร่วน กล่าวคือมากกว่า 90 % ของปริมาณโครเมียมทั้งหมดในระบบอยู่ในดิน

ปิยวรรณ (2546) ทำการศึกษาประสิทธิภาพการใช้หญ้าแฝกบำบัดน้ำเสียจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งสำปะหลัง จากการศึกษาประสิทธิภาพของแฝกบำบัดน้ำทิ้งชุมชนพบว่าแฝกมีความสามารถในการลดมลสารที่มีอยู่ในน้ำทิ้งโดยพบว่าแฝกแหล่งพันธุ์อินโดนีเซีย มีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าออกซิเจนละลายได้สูงสุด เท่ากับ 58.3 % และมีประสิทธิภาพในการลดค่าไนโตรเจนทั้งหมดได้สูงสุด เท่ากับ 77.89 % และไนไตรท์สูงสุด เท่ากับ 99.77 % แฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานีในการลดค่าบีโอดีได้สูงสุด เท่ากับ 62.80 % และไนเตรตได้สูงสุดเท่ากับ 77.5% แฝกแหล่งพันธุ์มอนโตมีประสิทธิภาพในการลดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดและโพแทสเซียมได้สูงสุด เท่ากับ 46.18% และ 71.71 % ตามลำดับ ส่วนการศึกษาประสิทธิภาพการใช้หญ้าแฝกบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง ในบ่อจำลองซึ่งใช้ระบบบำบัดน้ำ 2 ระบบ พบว่าแฝกแหล่งพันธุ์มอนโต้ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าออกซิเจนละลายได้สูงสุด เท่ากับ 73.10 % และ 57.17 % ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการลดค่าไนโตรเจนทั้งหมดได้สูงสุด เท่ากับ 64.36% และ 84.59 % ตามลำดับ ฟอสฟอรัสได้สูงสุดเท่ากับ 83.09 % และ 95.34 % ตามลำดับ และโพแทสเซียมได้สูงสุดเท่ากับ 75.63 % และ 71.21 % ตามลำดับและในระบบบำบัดน้ำแบบที่ 1 พบว่าแฝกแหล่งพันธุ์ สุราษฎร์ธานีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีได้สูงสุด เท่ากับ 68.15 % ไนไตรท์ ได้สูงสุด เท่ากับ 77.01 % และไนเตรตได้สูงสุด เท่ากับ 33.60 % ส่วนระบบบำบัดน้ำแบบที่ 2 พบว่า แฝกแหล่งพันธุ์มอนโต้มีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีได้สูงสุด เท่ากับ 35.74 % ไนไตรท์ได้สูงสุด เท่ากับ 52.59 % และ ไนเตรต ได้สูงสุดเท่ากับ 82.58 %

2.63 งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับ EDTA ที่มีต่อการละลายโลหะหนักและผลต่อการดูดดึงพืช

Chen และ Cutright (2001) ได้ทำการศึกษาผลของ EDTA ที่มีต่อการดูดดึง Cd Cr และ Ni ของต้นดอกทานตะวัน (*Helianthus annuus*) จากการศึกษาพบว่า EDTA มีผลทำให้ระดับความเข้มข้นของโลหะหนักในเนื้อเยื่อพืชเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและทำให้ปริมาณการดูดดึงโลหะหนักของพืชเพิ่มขึ้นด้วยโดยที่ระดับความเข้มข้นของ EDTA 0.5 g/kg สามารถเพิ่มความเข้มข้นของ Cd และ Ni จาก 34 และ 15 เป็น 115 และ 117 mg/kg ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการดูดดึงโลหะหนักสูงสุดที่ 59 μg/พืช 1 ต้น

Turgut, Pepe และ Cutright (2003) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้ EDTA และ Citric Acid (CA) ต่อการดูดดึงแคดเมียม โครเมียม และนิกเกิล ในต้นดอกทานตะวัน (*Helianthus annuus*) ซึ่งจากการศึกษาพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของ EDTA ที่ 0.1 g/kgดิน ทำให้การดูดดึงโลหะหนักทั้งหมดของพืชอยู่ที่ระดับ 0.73 mg แต่เมื่อเทียบกับ citric Acid ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 g/kgดิน พบว่าการดูดดึงโลหะหนักทั้งหมดของพืชนั้นไม่มีความแตกต่างไปจากกลุ่มควบคุมมากนัก

Chen, Shen และ Li (2004) ได้มีการนำหญ้าแฝกลุ่มมาใช้ในการบำบัดดินที่ปนเปื้อนด้วยตะกั่ว โดยทำการทดลองในกระถางทดลองและมีการเติม EDTA ระดับความเข้มข้น 5.0 มิลลิโมล / กิโลกรัมดิน ซึ่งหลังจากที่มีการเติม EDTA แล้ว 14 วัน พบว่า ที่อัตราการเคลื่อนที่ของตะกั่วจากรากสู่ยอดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยในส่วนยอดอยู่ที่ระดับ 42, 160, 243 mg/kg น้ำหนักแห้ง และในส่วนรากอยู่ที่ระดับ 266 951 และ 2,280 mg/kgน้ำหนักแห้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์

3.1.1 พืชที่นำมาปลูกคือหญ้าแฝก 2 ชนิด คือ

1) หญ้าแฝกลุ่ม (*Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash) โดยเลือกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี

2) หญ้าแฝกดอน(*Vetiveria nemoralis* (Balansa) A.Camus) โดยเลือกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

3.1.2 ดินที่นำมาศึกษาเป็นดินชั้นบน (top soil) จากคลองเก้า จ.ปทุมธานี

3.1.3 กระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว จำนวน 432 ชุด

3.1.4 อุปกรณ์สำหรับการปลูกพืช เช่น ช้อนปลูก บัวรดน้ำ เป็นต้น

3.1.5 สารเคมีที่นำมาทดลอง ได้แก่ $Cd(NO)_3 2.4H_2O_2$, $Zn(NO_3)_2.6H_2O$, EDTA และกรดชนิดที่วิเคราะห์สำหรับห้องปฏิบัติการ (analysis grade)

3.1.6 เครื่องแก้วชนิดต่าง ๆ ไดแก่ บีกเกอร์ ปีเปต กรวย ขวดปรับปริมาตร

3.1.7 เครื่องมือเพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เช่น

1) เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

2) ตู้อบ

3) เครื่องบดตัวอย่างพืช (Blender)

4) เครื่องย่อยตัวอย่าง

5) เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

3.2 สถานที่ศึกษา

พื้นที่หลังอาคารสี่ภาควิชา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และห้องปฏิบัติการมูลฝอย หน่วยวิจัยการจัดการของเสียอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 ระยะเวลาที่ทำการศึกษา

ดำเนินการศึกษาในระหว่างเดือนมกราคม 2549 ถึงเดือน เมษายน 2549 และในการเก็บตัวอย่างพืชจะทำการเก็บตัวอย่างทุก 15 วัน เป็นระยะเวลา 90 วัน คือเก็บตัวอย่างทั้งหมด 6 ครั้ง ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง

การศึกษา	วันที่
เริ่มทำการศึกษา (ใส่สารประกอบแคดเมียมและสังกะสี)	23 มกราคม 2549
เก็บตัวอย่างครั้งที่ 1	7 กุมภาพันธ์ 2549
เก็บตัวอย่างครั้งที่ 2	22 กุมภาพันธ์ 2549
เก็บตัวอย่างครั้งที่ 3	9 มีนาคม 2549
เก็บตัวอย่างครั้งที่ 4	24 มีนาคม 2549
เก็บตัวอย่างครั้งที่ 5	8 เมษายน 2549
เก็บตัวอย่างครั้งที่ 6	23 เมษายน 2549

3.4 การดำเนินการศึกษา

3.4.1 ศึกษาคุณสมบัติของดินที่นำมาทดลอง โดยทำการศึกษาคุณสมบัติดังแสดงในตาราง3.2

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของดินที่นำมาศึกษา

คุณสมบัติ	วิธีวิเคราะห์
ความชื้น (air dry) (oven dry)	Gravimertic Method (Gardner, 1965)
ลักษณะความเป็นกรด-ด่าง (pH)	pH Meter Method (Peech, 1965)
ลักษณะเนื้อดิน sand : silt : clay	Hydrometer Method (ASTM, 1961)
ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก	Amonium acetate Method (ทัศนีย์ อัตตะนันทร์, จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข และสุรเดช จินตกานนท์, 2542)
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ	Walky – Black Method (Walkley and Black, 1934)
ปริมาณไนโตรเจน	Kjeldahl Method (Jackson, 1967; Bremner, 1965)
ปริมาณโปรแตสเซียม	Flame photometer (Peech, 1965)
ปริมาณฟอสฟอรัส	Perchloric acid ($HClO_4$) Digestion (Jackson, 1967)
ปริมาณแคดเมียมและสังกะสีทั้งหมด	Nitric Acid and Sulfuric Acid Digestion (USEPA,1982)

3.4.2 ศึกษาหาคุณสมบัติของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ที่นำมาทดลอง โดยการสุ่มตัวอย่างบางส่วนมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมและสังกะสีก่อนทำการทดลอง แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมและสังกะสีด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

3.4.3 การเตรียมตัวอย่าง

3.4.3.1 การเตรียมดิน

สุ่มตัวอย่างดินและชั่งดินใส่กระถาง กระถางละ 4.5 กิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) จำนวนทั้งหมด 432 กระถาง

3.4.3.2 การเตรียมพืช

หญ้าแฝกที่นำมาศึกษาในครั้งนี้คือ หญ้าแฝกลุ่ม *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash กลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีและหญ้าแฝกดอน *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A.Camus กลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ โดยหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์นำมาจากสถานีพัฒนาที่ดินเขต 10 จ.ราชบุรี

1) นำกล้าหญ้าแฝกออกจากถุงเพาะชำมาล้างให้สะอาด

2) คัดเลือกกล้าหญ้าแฝกที่สมบูรณ์ที่สุด มีขนาดและน้ำหนักใกล้เคียงกัน ทำการตัดรากให้ยาว 2 เซนติเมตร ตัดใบให้สูง 20 เซนติเมตร

3) นำต้นกล้าที่เตรียมไว้มาปลูกลงกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว กระถางละ 1 ต้น จำนวนทั้งหมดทั้งหมด 432 กระถาง

5) รดน้ำเช้า - เย็นและดูแลรักษา รอจนต้นกล้าหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ฟื้นตัวเป็นระยะเวลาประมาณ 1 เดือน

6) จัดกระถางทดลองตามแบบ completely randomize design

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(1) แฝกลุ่ม
กลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี

(2) แฝกดอน
กลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

รูปที่ 3.1 ต้นกล้าแฝกหอมกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี (1) และแฝกดอนกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ (2) ที่เตรียมก่อนนำไปปลูก

3.4.3.3 การเตรียมสารละลาย Cd-EDTA และ Zn-EDTA

3.4.3.3.1 Cd-EDTA

ชั่งน้ำหนักสารประกอบ $Cd(NO)_3 2.4H_2O_2$ ให้ได้น้ำหนักตามอัตราส่วนปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตามที่กำหนดไว้ดังตารางที่ 3.3 แล้วละลายน้ำกลั่นและชั่ง EDTA ให้ได้น้ำหนักตามอัตราส่วนปริมาณความเข้มข้นที่ 5.0 mmol/kgดิน (Chen, Shen และ Li ,2004) แล้วละลายในน้ำกลั่น นำสารละลายทั้งสองมาผสมกัน รดลงแต่ละกระถาง จำนวน 3 กระถางต่อหนึ่งระดับความเข้มข้น

สถาบันวิทยบริการ

3.4.3.3.2 Zn-EDTA

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชั่งน้ำหนักสารประกอบ $Zn(NO_3)_2.6H_2O$ ให้ได้น้ำหนักตามอัตราส่วนปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีในดินตามที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ 3.3 แล้วละลายน้ำกลั่น และชั่ง EDTA ให้ได้น้ำหนักตามอัตราส่วนปริมาณความเข้มข้นที่ 5.0 mmol/kgดิน แล้วละลายในน้ำกลั่นนำสารละลายทั้งสองมาผสมกัน รดลงแต่ละกระถาง จำนวน 3 กระถางต่อหนึ่งระดับความเข้มข้น

3.4.3.3.3 Cd (Non EDTA)

ชั่งน้ำหนักสารประกอบ $Cd(NO)_3 2.4H_2O_2$ ให้ได้น้ำหนักตามอัตราส่วนปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียม 100 mgCd/kgดิน ดังตารางที่ 3.3 แล้วละลายน้ำกลั่นรดลง 3 กระถางต่อระดับความเข้มข้น 100 mgCd/kgดิน

3.4.3.3.4 Zn (Non EDTA)

ชั่งน้ำหนักสารประกอบ $Zn(NO_3)_2.6H_2O$ ให้ได้น้ำหนักตามอัตราส่วนปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียม 500 mgZn/kgดิน ดังตารางที่ 3.3 แล้วละลายน้ำกลั่นรดลง 3 กระถางต่อระดับความเข้มข้น 500 mgZn/kgดิน

ตารางที่ 3.3 ปริมาณสารประกอบ $Cd(NO)_3 2.4H_2O_2$ และ $Zn(NO_3)_2.6H_2O$ ที่ใส่ลงในดิน

อัตราความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน mgCd/kgsoil (นน.แห้ง)	ปริมาณสารประกอบ $Cd(NO)_3 2.4H_2O_2$ (กรัม / กระถาง)	อัตราความเข้มข้นของสังกะสีในดิน mgZn/kgsoil (นน.แห้ง)	ปริมาณสารประกอบ $Zn(NO_3)_2.6H_2O$ (กรัม / กระถาง)
50	0.618	500	10.2316
100	1.235	1000	20.4633
150	1.852	1500	30.6950
200	2.470	2000	40.9266

หมายเหตุ : ใส่ดินน้ำหนัก 4.5 กิโลกรัม / กระถาง (น้ำหนักแห้ง)

3.4.4 การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและการเก็บเกี่ยว

1) ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองชนิดหลังจากวันที่เริ่มใส่สารละลายแคดเมียมและสังกะสี ทุก ๆ 15 วันโดยทำการนับจำนวนต้นต่อกอ วัดความสูงและชั่งน้ำหนักแห้งตลอดระยะเวลาการทดลองทั้งสิ้น 90 วัน

2) เก็บตัวอย่างหญ้าแฝกทุก 15 วันนับจากวันที่เริ่มใส่สารประกอบแคดเมียมและสังกะสีทั้งหมด 6 ครั้ง รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 90 วัน โดยเก็บเกี่ยวทุกระดับความเข้มข้นของแคดเมียมและสังกะสี

3) นำตัวอย่างหญ้าแฝกที่เก็บเกี่ยวไปล้างด้วยน้ำกลั่นเพื่อล้างดินให้สะอาด ดังรูปที่ 3.2 ผึ่งให้แห้งและทำการแยกส่วนของหญ้าแฝกได้แก่ ลำต้นรวมกับใบ และราก หลังจากนั้นนำมาชั่ง

น้ำหนักสดและทำการอบที่อุณหภูมิ 70 ºC เป็นเวลา 3 วัน หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ หลังจากนั้นจึงทำการชั่งน้ำหนักแห้ง บดและร่อนแต่ละส่วน และเก็บไว้ในที่แห้งเพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

(1) แฝกลุ่ม
กลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี

(2) แฝกดอน
กลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

รูปที่ 3.2 แฝกหอมกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี (1) และแฝกดอนกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ (2) ที่เก็บเกี่ยว

3.4.5 การวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมและสังกะสีในตัวอย่างพืช

ทำการวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมและสังกะสีในตัวอย่างพืช โดยนำตัวอย่างพืชที่บดแล้ว 0.5 - 2 .0 กรัมมาย่อยด้วยกรดซัลฟูริก กรดไนตริก และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จนกระทั่งได้สารละลายใสไม่มีสี แล้วปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ตามวิธีการของ (USEPA) Method 3030 (USEPA,1982) แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมและสังกะสีด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

3.4.6 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.6.1) ข้อมูลการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก

นำข้อมูลการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองสายพันธุ์ มาศึกษาความสามารถในการเจริญเติบโตโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (ANOVA) ของข้อมูลการเจริญเติบโตว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95 % หรือไม่ ถ้าแตกต่างกันจะทดสอบว่าค่าเฉลี่ยของข้อมูลการเจริญเติบโตใดที่แตกต่างไปจากกลุ่มอื่นที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธีของ Duncan's new multiple range test (DMRT)

3.4.6.2 ข้อมูลการสะสมแคดเมียมและสังกะสีในส่วนต่าง ๆ ของหญ้าแฝก

นำค่าปริมาณแคดเมียมและสังกะสีที่พบในส่วนใบและส่วนรากที่วิเคราะห์ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (ANOVA) ว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % หรือไม่ ถ้าแตกต่างกันจะทดสอบว่าค่าเฉลี่ยของข้อมูลการเจริญเติบโตใดที่แตกต่างไปจากกลุ่มอื่นที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธีของ Duncan's new multiple range test (DMRT)

3.4.6.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมหรือสังกะสีจากดินของหญ้าแฝกแต่ละสายพันธุ์และทั้งสองกลุ่มพันธุ์

นำค่าปริมาณแคดเมียมหรือสังกะสีที่พบในเนื้อเยื่อทุก ๆ ส่วน มาคำนวณประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมหรือสังกะสีโดยคิดเป็นร้อยละของปริมาณแคดเมียมหรือสังกะสีที่ใส่ลงในดิน ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมหรือสังกะสี (\%)} = \frac{\text{ปริมาณแคดเมียมหรือสังกะสีที่พบในหญ้าแฝก (mg)}}{\text{ปริมาณแคดเมียมหรือสังกะสีที่ใส่ลงในดิน (mg)}} \times 100$$

เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพในแต่ละกระถางที่มีแคดเมียมและสังกะสีในดินที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน และเปรียบเทียบการสะสมแคดเมียมและสังกะสีที่ระยะเวลาต่างๆ กัน โดยทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (ANOVA) ของประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมหรือสังกะสี ว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 หรือไม่ ถ้าแตกต่างกันจะทดสอบว่าค่าเฉลี่ยใดของข้อมูลที่แตกต่างจากกลุ่มอื่นที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธีของ Duncan's new multiple range test (DMRT)

บทที่ 4

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ในการทดลองนี้แบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก ได้แก่ การศึกษาลักษณะสมบัติของดินและหญ้าแฝกที่นำมาใช้ในการทดลอง การศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก (จำนวนต้นต่อกอ ความสูงและน้ำหนักแห้ง) การศึกษาความเข้มข้นของแคดเมียมและสังกะสีในส่วนต่าง ๆ ของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ และการศึกษาประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมและสังกะสีออกจากดินของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ ตามลำดับ

4.1 ผลการวิเคราะห์ดินก่อนการทดลอง

ดินที่นำมาศึกษาก่อนทำการทดลองเป็นดินชั้นบน (Top Soil) จาก ต. คลอง 9 อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี ซึ่งมีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินที่นำมาทดลอง

คุณสมบัติ	ผล	วิธีวิเคราะห์
ความชื้น (air dry) (oven dry)	21.38 % 23.34 %	Gravimertic Method
ลักษณะความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.01	pH Meter Method (ดิน:น้ำ = 1:2)
ลักษณะเนื้อดิน	sandy : clay : loam	Hydrometer Method
sand : silt : clay (%)	53.78 :16.68 : 29.54	Hydrometer Method
ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก	14.05 me/100g	Amonium acetate Method
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ	0.9643 %	Walky – Black Method
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	0.784 %	Kjeldahl Method
ปริมาณโพแตสเซียม	105.83 ppm	Flame photometer
ปริมาณฟอสฟอรัส	98.978 ppm	$HClO_4$ Digestion
ปริมาณแคดเมียมทั้งหมด	Non detectable	HNO_3 and H_2SO_4 acid Digestion
ปริมาณสังกะสีทั้งหมด	88.58 mg/kg	HNO_3 and H_2SO_4 acid Digestion

4.2 ผลการวิเคราะห์หญ้าแฝกที่นำมาใช้ในการทดลอง

หญ้าแฝกที่นำมาศึกษาในครั้งนี้คือ หญ้าแฝกลุ่ม *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash กลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี และหญ้าแฝกดอน *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A.Camus กลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ โดยหญ้าแฝกทั้งสอง กลุ่มพันธุ์นำมาจากสถานีพัฒนาที่ดินเขต 10 จ.ราชบุรี ซึ่งจากผลการศึกษาปริมาณแคดเมียมและสังกะสีของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ก่อนทำการทดลอง พบว่าแคดเมียมและสังกะสีมีค่าน้อยมากจนไม่สามารถตรวจวัดปริมาณได้

4.3 ลักษณะทั่วไปของหญ้าแฝก

ลักษณะการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ตลอดระยะเวลาการทดลอง มีลักษณะลำต้น ใบ และรากของแต่ละกลุ่มพันธุ์คือ หญ้าแฝกลุ่มกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี ใบมีลักษณะโค้งไม่เห็นเส้นกลางใบ และใบแตกออกจากโคนกอโดยรอบต้นให้โคนต้นมีลักษณะกลม และมีระบบรากเป็นฝอยที่มีขนาดเล็ก ส่วนหญ้าแฝกดอนกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีใบที่พับเป็นเส้นแข็งตรงเส้นกลางใบและใบแตกจากโคนกอมีลักษณะเหมือนพัดโดยแผ่ออกทางด้านข้างทำให้โคนต้นมีลักษณะแบนและมีระบบรากฝอยที่มีขนาดใหญ่สำหรับการเจริญเติบโตในกระถางที่มีการเติมแคดเมียมและสังกะสีสรุปได้ดังนี้

4.3.1 ความสามารถในการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกที่ปลูกในดินที่มีแคดเมียมในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่าตลอดระยะเวลาการทดลองหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีอัตราการอยู่รอดร้อยละ 100 ของหญ้าแฝกที่ปลูกทั้งหมด ไม่มีต้นใดตายระหว่างการทดลอง โดยหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีการเจริญเติบโตน้อยกว่ากระถางที่ไม่มีการใส่แคดเมียมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ พบว่ากลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีการแตกกอมากกว่าโดยมีการแตกกออย่างหลวม ๆ ส่วนกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีทั้งความสูงและการแตกกอค่อนข้างหนาแน่นกว่า

4.3.2 ความสามารถในการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกที่ปลูกในดินที่มีสังกะสีในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่าตลอดระยะเวลาการทดลองหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีอัตราการอยู่รอดเฉพาะในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นของสังกะสี 500 mgZn/kgดินโดยหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีการเจริญเติบโตได้มากกว่ากระถางที่ไม่มีการใส่สังกะสีในช่วงแรกแต่เมื่อระยะการปลูกที่นานขึ้นพบว่ามีการเจริญเติบโตน้อยกว่าในกระถางที่ไม่มีการใส่สังกะสีทั้งในด้านการแตกกอและ

ความสูง ส่วนหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ที่ปลูกในกระถางที่มีความเข้มข้นของสังกะสี 1,000 1,500 และ 2,000 mgZn/kgดิน ไม่สามารถอยู่รอดได้ภายหลังการทดลอง 1 สัปดาห์

4.4 ความสามารถในการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก

การศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้ง 2 กลุ่มพันธุ์ คือ สุราษฎร์ธานี (แฝกลุ่ม) และประจวบคีรีขันธ์ (แฝกดอน) ในดินที่ปนเปื้อนแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 50 100 150 และ 200 mgCd/kgดิน และที่ปนเปื้อนสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 500 1,000 15,00 และ 2,000 mgZn/kgดิน เปรียบเทียบกับกระถางควบคุมซึ่งไม่มีการใส่แคดเมียมและสังกะสีลงในดินตามลำดับ ทำการศึกษาเป็นระยะเวลา 90 วัน โดยมีการเก็บตัวอย่างและบันทึกการเจริญเติบโตทุกๆ 15 วัน สามารถสรุปได้ดังนี้

4.4.1 การแตกกอ

การแตกกอของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ โดยการนับจำนวนต้นต่อกอเปรียบเทียบกันระหว่างกระถางที่มีความเข้มข้นของแคดเมียมและสังกะสีในดินที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กับกระถางควบคุมซึ่งไม่มีการใส่แคดเมียมและสังกะสีลงในดิน ได้ผลดังต่อไปนี้

4.4.1.1 การแตกกอของหญ้าแฝกในกระถางที่เติมแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีในทุกระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินมีความจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.2 โดยที่ค่าเฉลี่ยจำนวนต้นต่อกอของหญ้าแฝกที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน มีจำนวนมากที่สุด ค่าเฉลี่ยจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอจะอยู่ในช่วง 7–22 ต้นต่อกอ จำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอของหญ้าแฝกในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 0 50 100 150 และ 200 mgCd/kgดิน ในระยะเวลาการปลูก 15 วัน เท่ากับ 9 10 7 8 และ 8 ต้นต่อกอ ตามลำดับ และเพิ่มสูงสุดที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน เท่ากับ 22 21 21 21 และ 20 ต้นต่อกอ ตามลำดับ โดยในกระถางควบคุมมีจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอมากที่สุด เท่ากับ 22 ต้นต่อกอ

เมื่อพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยจำนวนต้นต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน เท่ากับ 0 50 100 150 และ 200 mgCd/kgดิน (ตารางที่ 4.2) พบว่า โดยภาพรวมแล้วทุกระยะเวลาการปลูกนั้นจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอของหญ้าแฝก

มีแนวโน้มลดลงตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินที่เพิ่มขึ้นแต่ไม่มีความต่างทางสถิติ ยกเว้นที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 200 mgCd/kgดิน ที่ระยะเวลาการปลูก 45 และ 75 วัน จำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอของหญ้าแฝกลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 100 mgCd/kgดิน (ตารางที่ 4.2) พบว่า การเติม EDTAไม่ส่งผลให้เกิดความต่างสถิติของค่าเฉลี่ยจำนวนต้นต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี แต่มีแนวโน้มที่ลดลง

ตารางที่ 4.2 จำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีในกระถางที่เติมแคดเมียมที่ระดับ ความเข้มข้นต่างๆ

ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (mgCd/kg)	**จำนวนต้นต้นต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธ์สุราษฎร์ธานี ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (ต้น/กอ)**					
	15 วัน	**30 วัน**	**45 วัน**	**60 วัน**	**75 วัน**	**90 วัน**
0	$9^{Ac}\pm1.0$	$11^{Ac}\pm1.15$	$15^{Ab}\pm1.53$	$17^{Ab}\pm2.0$	$20^{Aa}\pm2.0$	$22^{Aa}\pm1.53$
50	$10^{Ad}\pm1.53$	$12^{Acd}\pm1.53$	$13^{ABc}\pm1.0$	$16^{Ab}\pm1.0$	$18^{ABb}\pm2.0$	$21^{Aa}\pm1.53$
100	$7^{Ae}\pm1.0$	$11^{Ad}\pm2.52$	$13^{ABcd}\pm1.53$	$15^{Abc}\pm1.53$	$18^{ABb}\pm0.6$	$21^{Aa}\pm1.0$
150	$8^{Ad}\pm0.6$	$11^{Ac}\pm2.0$	$12^{ABc}\pm1.0$	$16^{Ab}\pm1.53$	$16^{Bb}\pm1.0$	$21^{Aa}\pm1.53$
200	$8^{Ad}\pm1.53$	$10^{Acd}\pm2.52$	$12^{Bbcd}\pm1.53$	$13^{Abc}\pm3.61$	$16^{Bab}\pm1.53$	$20^{Aa}\pm2.0$
100 (Non EDTA)	$7^{Ad}\pm2.09$	$12^{Ac}\pm2.1$	$15^{Abc}\pm2.52$	$16^{Ab}\pm3.01$	$18^{ABab}\pm2.0$	$21^{Aa}\pm2.52$

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

ในส่วนของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีการเพิ่มค่าเฉลี่ยจำนวนต้นต่อกอตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยจำนวนต้นเต่อกอจะอยู่ในช่วง 6 – 20 ต้นต่อกอ ค่าเฉลี่ยจำนวนต้นต่อกอเริ่มต้นในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 0 50 100 150 และ 200 mgCd/kgดิน เท่ากับ 8 9 7 6 6 และ 9 ต้นต่อกอตามลำดับ และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะเวลา 90 วัน เท่ากับ 20 19 19 19 18 และ 19 ต้นต่อกอตามลำดับ โดยมีค่าสูงสุดที่กระถางควบคุม เท่ากับ 20 ต้นต่อกอ

เมื่อพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยจำนวนต้นต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ในกระถางควบคุมกับกระถางที่มีแคดเมียมในดินที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (ตารางที่ 4.3) พบว่า

ไม่มีความต่างทางสถิติของจำนวนต้นต่อกอที่ระยะเวลาการปลูก 30 และ 90 วัน แต่ระยะการปลูกที่ 15 45 60 และ 75 วัน พบว่าที่ความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 100 150 และ 200 mgCd/kgดิน มีจำนวนต้นต่อกอแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกระถางควบคุม จำนวนต้นต่อกอของหญ้าแฝกมีแนวโน้มลดลงตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินที่เพิ่มสูงขึ้น โดยที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 200 mgCd/kgดิน มีจำนวนต้นต่อกอของหญ้าแฝกลดลงมากที่สุดเมื่อเทียบกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ในการเปรียบเทียบจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ระหว่างกระถางที่มีการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 100 mgCd/kgดิน (ตารางที่ 4.3) พบว่าการเติม EDTA ไม่ก่อให้เกิดความต่างทางสถิติของจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอ แต่ก็พบว่าการไม่เติม EDTA มีแนวโน้มของต้นเฉลี่ยต่อกอเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.3 จำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ในกระถางที่เติมแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ระดับควาเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (mgCd/kg)	จำนวนต้นต้นต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (ต้น/กอ)					
	15 วัน	**30 วัน**	**45 วัน**	**60 วัน**	**75วัน**	**90 วัน**
0	8^{ABd}±1.0	10^{Ad}±2.0	13^{Ac}±1.53	15^{Ab}±1.0	19^{Aa}±0.58	20^{Aa}±1.53
50	9^{Ad}±1.53	10^{Ad}±2.0	11^{ABcd}±1.53	14^{ABbc}±1.0	16^{ABab}±2.65	19^{Aa}±2.52
100	7^{ABe}±1.53	9^{Ade}±1.0	10^{ABcd}±1.53	13^{ABCbc}±1.53	15^{ABb}±1.0	19^{Aa}±1.0
150	6^{Bd}±1.0	9^{Acd}±2.08	9^{Bc}±0.58	11^{BCbc}±2.0	14^{BCb}±2.0	19^{Aa}±2.08
200	6^{Bd}±1.53	7^{Acd}±0.58	10^{ABbc}±1.0	10^{Cbc}±2.08	12^{Cb}±1.53	18^{Aa}±2.65
100 (Non EDTA)	9^{ABc}±1.53	9^{Ac}±1.0	11^{ABbc}±2.0	12^{ABCb}±1.53	16^{ABa}±2.0	19^{Aa}±2.0

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอระหว่างหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์พบว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีการแตกกอที่มากกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลา 90 วัน โดยหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีการแตกกอเริ่มต้นอยู่ในช่วง 7.0–9.7 ต้นต่อกอ และมีค่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองอยู่ในช่วง 20–22 ต้นต่อกอ

ในขณะที่หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีการแตกกอเริ่มต้นอยู่ในช่วง 6–9 ต้นต่อกอ และมีค่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองอยู่ในช่วง 19–20 ต้นต่อกอ

4.4.1.2 การแตกกอของหญ้าแฝกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ในส่วนจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่มีสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆนั้นพบว่า มีหญ้าแฝกตายในวันแรกที่มีการเติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 1,000 1,500 และ 2,000 mgZn/kgดิน ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอของหญ้าแฝกที่รอดจากการทดลองที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน พบว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีในทุกระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน มีจำนวนต้นต่อกอเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังตารางที่ 4.4 จำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอเริ่มต้นของหญ้าแฝกในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 และ 500 mgZn/kgดิน ที่ระยะเวลาการปลูก 15 วัน เท่ากับ 9.7 และ 6.0 ต้นต่อกอ ตามลำดับ และเพิ่มสูงสุดที่ระยะ 90 วัน เท่ากับ 22.33 และ17.33 ต้นต่อกอ ตามลำดับโดยกระถางควบคุม (0 mgZn/kgดิน) มีจำนวนต้นต่อกอมากที่สุดเท่ากับ 22.33 ต้นต่อกอ

เมื่อพิจารณาถึงจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่กระถางควบคุมกับกระถางที่มีระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดินเท่ากับ 500 mgZn/kgดิน (ตารางที่ 4.4) พบว่า ทุกระยะเวลาการปลูกจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอของหญ้าแฝกลดลงตามระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดินที่เพิ่มสูงขึ้น โดยจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอที่ระดับความเข้มข้น 500 mgZn/kgดิน แตกต่างจากกระถางควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอระหว่างการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน (ตารางที่ 4.4) พบว่า การเติม EDTA ไม่ส่งผลให้เกิดความต่างทางสถิติของจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี

ตารางที่ 4.4 จำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (mgZn/kg)	จำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธ์สุราษฎร์ธานี ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (ต้น/กอ)					
	15วัน	30วัน	45วัน	60วัน	75วัน	90วัน
0	$10^{Ad}\pm0.58$	$12^{Ad}\pm2.0$	$15^{Ac}\pm2.65$	$19^{Ab}\pm1.0$	$21^{Aab}\pm1.73$	$22^{Aa}\pm1.15$
500	$6^{Bd}\pm1.0$	$9^{Bcd}\pm1.0$	$12^{Bbc}\pm1.53$	$15^{Bab}\pm2.52$	$16^{Ba}\pm1.53$	$17^{Ba}\pm2.08$
500 (Non EDTA)	$7^{ABc}\pm1.53$	$9^{Bc}\pm1.15$	$12^{Bb}\pm0.58$	$14^{Bb}\pm1.73$	$17^{Ba}\pm1.0$	$18^{Ba}\pm1.73$

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

ในส่วนของการศึกษาจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์พบว่า มีหญ้าแฝกตายในวันแรกที่มีการเติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 1,000 1,500 และ 2,000 mgZn/kgดิน ตามลำดับ เช่นเดียวกับหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี แต่เมื่อพิจารณาจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอของหญ้าแฝกที่รอดจากการทดลองที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 และ 500 mgZn/kgดิน พบว่า จำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในตารางที่ 4.5 การเพิ่มจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอจะอยู่ในช่วง 5–19 ต้นต่อกอ ค่าเฉลี่ยจำนวนต้นต่อกอเริ่มต้นในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 และ 500 mgZn/kgดิน เท่ากับ 8 และ 5 ต้นต่อกอ ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะเวลา 90 วัน เท่ากับ 19 และ 13 ต้นต่อกอ ตามลำดับ โดยมีค่าสูงสุดที่กระถางควบคุม เท่ากับ 19 ต้นต่อกอ

เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติของจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ในกระถางควบคุม (0 mgZn/kgดิน) กับกระถางที่เติมสังกะสีในดินที่ระดับความเข้มข้น 500 mgZn/kgดิน พบว่าที่ระยะเวลาการปลูก 15 30 45 และ 60 วัน จำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอลดลงตามความเข้มข้นของสังกะสีในดินที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ยกเว้นที่ระยะเวลาการปลูก 75 และ 90 วันที่มีความต่างทางสถิติของจำนวนต้นต่อกอ (ตารางที่ 4.5)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน (ตารางที่ 4.5) พบว่า การเติม EDTA ส่งผลให้จำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์น้อยกว่าการที่ไม่เติม EDTA ที่ทุกระเวลาการปลูก แต่มีค่าใกล้เคียงกันมากจนไม่เกิดความต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.5 จำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (mgZn/kg)	**จำนวนต้นเฉลี่ยต้นต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (ต้น/กอ)**					
	15วัน	**30วัน**	**45วัน**	**60วัน**	**75วัน**	**90วัน**
0	$8^{Ae}\pm1.0$	$10^{Ade}\pm1.0$	$13^{Acd}\pm1.0$	$14^{Abc}\pm2.65$	$17^{Aab}\pm2.0$	$19^{Aa}\pm2.52$
500	$5^{BBc}\pm1.0$	$6^{Bc}\pm1.73$	$9^{Bb}\pm1.53$	$9^{Bb}\pm0.58$	$11^{Bab}\pm1.0$	$13^{Ba}\pm1.53$
500 (Non EDTA)	$5^{Bc}\pm0.58$	$8^{Bbc}\pm0.58$	$9^{Bb}\pm1.0$	$8^{Bb}\pm1.0$	$12^{Ba}\pm1.53$	$14^{Ba}\pm2.0$

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอระหว่างหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ พบว่า หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีการแตกกอมากกว่ากลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน โดยหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีการแตกกอเริ่มต้นอยู่ในช่วง 6.0–10 ต้นต่อกอ และมีค่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองอยู่ในช่วง 17– 22 ต้นต่อกอ ในขณะที่หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีการแตกกอเริ่มต้นอยู่ในช่วง 5–8 ต้นต่อกอ และมีค่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองอยู่ในช่วง 13–19 ต้นต่อกอ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2 ความสูง

ความสามารถในการเจริญเติบโตด้านความสูงของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์โดยการวัดความสูงเปรียบเทียบกันระหว่างกระถางที่มีความเข้มข้นแคดเมียมและสังกะสีในดินที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กับกระถางควบคุมซึ่งไม่มีการเติมแคดเมียมและสังกะสีในดินได้ผลดังนี้

4.4.2.1 ความสูงของหญ้าแฝกในกระถางที่เติมแคดเมียมที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ

หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.6 การเพิ่มความสูงเฉลี่ยจะอยู่ในช่วง 65.32 – 122.27 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความสูงเริ่มต้นที่ระยะเวลาการปลูก 15 วัน ในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 0 50 100 150 และ 200 mgCd/kgดิน เท่ากับ 79.80 76.97 73.08 70.26 และ 69.32 เซนติเมตรตามลำดับ และเพิ่มสูงสุดที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน เท่ากับ 122.27 107.13 98.20 96.37 และ 94.04 เซนติเมตรตามลำดับ โดยมีค่าสูงสุดที่กระถางควบคุม เท่ากับ 122.27 เซนติเมตร

เมื่อพิจารณาถึงความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกในกระถางทดลองตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (ตารางที่ 4.6) พบว่า ความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกมีแนวโน้มลดลงตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินที่เพิ่มสูงขึ้นที่ระยะเวลาการปลูก 15 30 45 และ 60 วัน แต่ไม่มีความต่างทางสถิติ ขณะที่ระยะเวลาการปลูก 75 และ 90 วัน ความสูงของหญ้าแฝกลดลงตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 200 mgCd/kgดิน ความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกลดลงมากที่สุดเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

ในการเปรียบเทียบระหว่างการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 100 mgCd/kgดิน (ตารางที่ 4.6) พบว่าความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกในกระถางที่ไม่มีการเติม EDTA มีแนวโน้มสูงกว่าหญ้าแฝกในกระถางที่มีการเติม EDTA ในทุกระดับความเข้มข้นของแคดเมียม แต่มีค่าใกล้เคียงกันมากจนไม่ส่งผลให้เกิดความต่างทางสถิติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 ความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีในกระถางที่เติมแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (mgCd/kg)	ความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (เซนติเมตร)					
	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน	90 วัน
0	79.80[Ac] ±6.61	82.68[Ac] ±11.27	85.30[Ac] ±10.38	93.88[Abc] ±4.07	105.83[Aab] ±9.61	122.27[Aa] ±13.27
50	76.97[Ab] ±9.06	79.93[Ab] ±14.11	83.08[Ab] ±8.51	88.10[Ab] ±2.95	92.23[ABab] ±5.18	107.13[ABa] ±8.48
100	73.08[Ac] ±9.52	76.19[Abc] ±11.47	79.71[Abc] ±9.36	84.13[Aabc] ±4.77	88.97[aABb] ±4.65	98.20[ABa] ±8.29
150	70.26[Ab] ±10.83	75.98[Ab] ±2.28	77.84[Aab] ±1.18	82.77[Aab] ±2.76	87.99[ABab] ±7.01	96.37[Ba] ±19.78
200	69.32[Ab] ±5.11	73.72[Ab] ±5.56	75.38[Ab] ±3.25	80.08[Aab] ±14.69	84.01[Bab] ±13.29	94.04[Ba] ±8.49
100 (Non EDTA)	74.07[Ab] ±15.83	77.10[Ab] ±10.11	81.60[Aab] ±9.07	85.30[Aab] ±8.96	89.13[ABab] ±13.30	102.02[ABa] ±7.35

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

หญ้าแฝกกลุ่มพันธ์ประจวบคีรีขันธ์มีความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ความสูงเฉลี่ยจะอยู่ในช่วง 65.17 – 132.67 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความสูงเริ่มต้นในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 0 50 100 150 และ 200 mgCd/kgดิน เท่ากับ 76.83 73.73 68.57 65.98 และ 65.17 เซนติเมตร ตามลำดับ และเพิ่มสูงสุดที่ระยะ 90 วัน เท่ากับ 132.67 119.23 108.65 99.45 และ 93.86 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยมีค่าสูงสุดที่กระถางควบคุม เท่ากับ 132.67 เซนติเมตร

ในด้านความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกในกระถางควบคุมกับกระถางที่มีแคดเมียมในดินที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (ตารางที่ 4.7) พบว่าความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกลดลงเมื่อระดับความเข้มข้นของแคดเมียมเพิ่มสูงขึ้นที่ระยะเวลาการปลูก 30 45 60 75 และ 90 วัน

อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ยกเว้นที่ระยะเวลาการปลูก 15 วัน ไม่มีความต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับกระถางควบคุม

เมื่อเปรียบเทียบความสูงของหญ้าแฝกระหว่างกระถางที่มีการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมดิน 100 mgCd/kgดิน (ตารางที่ 4.7) พบว่าหญ้าแฝกในกระถางที่ไม่เติม EDTA มีความสูงเฉลี่ยมากกว่าหญ้าแฝกในกระถางที่มีการเติม EDTA ในทุกระดับความเข้มข้นของแคดเมียม แต่มีค่าใกล้เคียงกันมากจนไม่ส่งผลให้เกิดความต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.7 ความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (mgCd/kg)	ความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (เซนติเมตร)					
	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน	90 วัน
0	76.83^{Ac} ±13.18	87.40^{Ac} ±12.37	93.78^{Abc} ±14.08	113.22^{Aab} ±3.94	123.22^{Aa} ±3.94	132.67^{Aa} ±13.90
50	73.73^{Ac} ±12.82	86.90^{Abc} ±14.99	91.91^{ABbc} ±7.96	103.66^{ABab} ±8.24	114.91^{ABa} ±3.36	119.23^{ABa} ±4.32
100	68.57^{Ad} ±8.39	74.63^{Bcd} ±4.88	86.77^{ABbc} ±2.11	99.90^{ABab} ±4.47	104.01^{BCa} ±13.27	108.65^{BCDa} ±10.37
150	65.98^{Ad} ±7.76	71.48^{Bd} ±5.61	78.75^{ABc} ±4.42	89.96^{BCb} ±3.37	94.73^{CDab} ±4.04	99.45^{CDa} ±5.56
200	65.17^{Ac} ±11.29	69.23^{Bbc} ±2.94	72.75^{Bbc} ±9.09	83.63^{Cabc} ±15.46	86.63^{Dab} ±7.11	93.86^{Da} ±8.54
100 (Non EDTA)	71.20^{Ad} ±6.07	78.58^{ABcd} ±10.63	88.03^{ABbc} ±14.44	100.17^{ABab} ±4.88	110.39^{ABCa} ±4.37	113.47^{BCa} ±6.43

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันแต่ในละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

เมื่อเปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยระหว่างหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ พบว่า หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลา 90 วัน โดยหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีความสูงเฉลี่ยเริ่มต้นอยู่ในช่วง 65.17 – 76.83 เซนติเมตร และมีค่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองอยู่ในช่วง 93.86 – 132.67 เซนติเมตร ในขณะที่หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีความสูงเฉลี่ยเริ่มต้นอยู่ในช่วง 69.32 – 79.80 เซนติเมตร และมีค่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองอยู่ในช่วง 94.04 – 122.27 เซนติเมตร

4.4.2.2 ความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่มีสังกะสีที่ความเข้มข้นระดับต่างๆนั้น พบว่ามีหญ้าแฝกตายในวันแรกที่มีการเติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 1,000 1,500 และ 2,000 mgZn/kgดิน ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกที่รอดจากการทดลองที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 และ 500 mgZn/kg ดิน พบว่า ความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามตารางที่ 4.8 โดยที่หญ้าแฝกที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน ที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อเทียบกับระยะเวลาการปลูก 15 วัน ยกเว้นที่ระยะเวลาการปลูก 30 45 60 และ 75 วัน ส่วนในกระถางควบคุม (0 mgZn/kgดิน) พบว่า ที่ระยะเวลา 90 วัน มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด เมื่อเทียบกับระยะเวลาการปลูกที่ 15 30 45 และ 60 วัน ยกเว้นที่ระยะเวลาการปลูก 75 วัน การเพิ่มความสูงเฉลี่ยจะอยู่ในช่วง 63.21 – 118.52 เซนติเมตร ซึ่งความสูงเฉลี่ยเริ่มต้นของหญ้าแฝกในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 และ 500 mgZn/kgดิน เท่ากับ 77.13 และ 63.21 เซนติเมตร ตามลำดับ และเพิ่มสูงสุดที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน เท่ากับ 118.52 และ 74.58 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยมีค่าสูงสุดอยู่ที่กระถางควบคุม (0 mgZn/kgดิน) เท่ากับ 118.52 เซนติเมตร

เมื่อพิจารณาถึงความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีตามระดับความเข้มข้นของสังกะสีพบว่า ที่ระยะเวลาการปลูก 30 60 75 และ 90 วัน ความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกลดลงตามระดับความเข้มของสังกะสีที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ตารางที่ 4.8) ส่วนที่ระยะเวลาการปลูก 15 และ 45 วันความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกก็มีแนวโน้มลดลงตามระดับความเข้มของสังกะสีที่เพิ่มขึ้นเช่นกันแต่ไม่มีความต่างทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกระหว่างกระถางที่มีการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kg (ตารางที่ 4.8) พบว่า

หญ้าแฝกในกระถางที่ไม่เติม EDTA มีความสูงเฉลี่ยมากกว่าหญ้าแฝกในกระถางที่เติม EDTA ในทุกระดับความเข้มข้นของแคดเมียม แต่มีค่าใกล้เคียงกันมากจนไม่ส่งผลให้เกิดความต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.8 ความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของสังกะสี ในดิน (mgZn/kg)	**ความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (เซนติเมตร)**					
	15 วัน	**30 วัน**	**45 วัน**	**60 วัน**	**75 วัน**	**90 วัน**
0	77.13[Ad] ±7.20	86.10[Acd] ±6.87	88.34[Acd] ±10.02	97.26[Abc] ±5.98	108.05[Aab] ±9.71	118.52[Aa] ±6.50
500	63.21[Ab] ±5.69	69.20[Bab] ±2.57	71.53[Aab] ±6.97	72.97[Ba] ±4.21	73.02[Ba] ±4.87	74.58[Ba] ±3.37
500 (Non EDTA)	66.44[Ab] ±8.73	72.51[ABab] ±6.22	74.67[Aab] ±5.15	76.21[Bab] ±6.87	79.73[Bab] ±6.71	82.20[Ba] ±4.85

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

การศึกษาความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ พบว่ามีหญ้าแฝกตายในวันแรกที่มีการเติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 1,000 1,500 และ 2,000 mgZn/kgดิน ตามลำดับ เช่นเดียวกับหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี แต่เมื่อพิจารณาความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกที่รอดจากการทดลองที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 และ 500 mgZn/kgดินพบว่า หญ้าแฝกกลุ่มพันธ์ประจวบคีรีขันธ์มีความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.9 โดยที่ความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน เท่ากับ 0 และ 500 mgZn/kgดินที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด เมื่อเทียบกับระยะเวลาการปลูก 15 30 และ 45 วัน ยกเว้นที่ระยะเวลาการปลูก 60 และ 75 วัน ความสูงเฉลี่ยจะอยู่ในช่วง 65.03 – 130.43 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความสูงเริ่มต้นของหญ้าแฝกในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 และ 500 mgZn/kgดิน ที่ระยะการปลูก 15 วัน เท่ากับ 82.80 และ 65.03 เซนติเมตร ตามลำดับ และเพิ่มสูงสุดที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน เท่ากับ 130.43 และ 89.13 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยมีค่าสูงสุดที่กระถางควบคุม (0 mgZn/kgดิน) เท่ากับ 130.43 เซนติเมตร

เมื่อพิจารณาถึงความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ตามระดับความเข้มข้นของสังกะสีพบว่า ที่ระยะเวลาการปลูก 30 60 75 และ 90 วัน ความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกลดลงตามระดับความเข้มของสังกะสีที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ตารางที่ 4.9) ส่วนที่ระยะเวลาการปลูก 15 และ 45 วัน ความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกมีแนวโน้มลดลงตามระดับความเข้มของสังกะสีที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่ไม่มีความต่างทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ระหว่างกระถางที่มีการเติม EDTA และไม่มีการเติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน (ตารางที่ 4.9) พบว่าหญ้าแฝกในกระถางที่ไม่เติม EDTA มีความสูงเฉลี่ยมากกว่าหญ้าแฝกในกระถางที่เติม EDTA ในทุกระดับความเข้มข้นของแคดเมียม แต่มีค่าใกล้เคียงกันมากจนไม่ส่งผลให้เกิดความต่างทางสถิติ เช่นเดียวกันกับหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี

ตารางที่ 4.9 ความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (mgZn/kg)	**ความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (เซนติเมตร)**					
	15 วัน	**30 วัน**	**45 วัน**	**60 วัน**	**75 วัน**	**90 วัน**
0	82.80^{Ac} ±11.75	87.06^{Ac} ±10.02	94.80^{Abc} ±12.08	111.22^{Aab} ±11.24	121.74^{Aa} ±7.00	130.43^{Aa} ±6.39
500	65.03^{Ab} ±10.32	73.03^{Bab} ±10.14	75.42^{Aab} ±6.06	79.58^{Bab} ±4.92	82.31^{Ba} ±6.42	89.13^{Ba} ±8.68
500 (Non EDTA)	69.04^{Ac} ±7.07	76.83^{ABbc} ±10.26	80.58^{Abc} ±8.07	84.86^{Bab} ±8.59	89.49^{Bab} ±3.79	95.97^{Ba} ±7.82

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

เมื่อเปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยระหว่างหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ พบว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลา 90 วัน โดยหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีความสูงเฉลี่ยเริ่มต้นอยู่ในช่วง 65.03 – 82.80 เซนติเมตร และมีค่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองอยู่ในช่วง 89.13 – 130.43

เซนติเมตร ในขณะที่หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีความสูงเฉลี่ยเริ่มต้นอยู่ในช่วง 63.21 – 77.13 เซนติเมตร และมีค่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองอยู่ในช่วง 74.58 – 118.52 เซนติเมตร

4.4.3 น้ำหนักแห้ง

ทำการศึกษาโดยการชั่งน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกทั้งส่วนใบ และส่วนรากเปรียบเทียบกันระหว่างกระถางที่มีความเข้มข้นของแคดเมียมและสังกะสีในดินที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กับกระถางควบคุมซึ่งไม่มีการใส่แคดเมียมละสังกะสีลงในดิน ได้ผลดังนี้

4.4.3.1 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าแฝกในกระถางที่เติมแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

4.4.3.1.1 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบของหญ้าแฝก

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.10 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกจะอยู่ในช่วง 11.79–43.40 กรัม ค่าสูงสุดอยู่ที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน ค่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเริ่มต้นในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นแคดเมียมในดิน 0 50 100 150 และ 200 mgCd/kg เท่ากับ 16.29 15.96 12.92 12.19 และ 11.79 กรัม ตามลำดับ และสูงสุดที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน เท่ากับ 43.40 41.07 39.62 37.63 และ 36.97 กรัม ตามลำดับ โดยค่าสูงสุดอยู่ที่กระถางควบคุม (0 mgCd/kg) เท่ากับ 43.40 กรัม

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (ตารางที่ 4.10) พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกลดลงเมื่อความเข้มข้นของแคดเมียมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ที่ระยะเวลาการปลูก 60 75 และ 90 วัน ในขณะที่ระยะการปลูก 15 30 และ 45 วัน ก็พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นของแคดเมียมเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน แต่มีค่าใกล้เคียงกันมากจนไม่มีความต่างทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าแฝกระหว่างกระถางที่มีการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 100 mgCd/kg ดิน

(ตารางที่ 4.10) พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกในกระถางที่มีการเติม EDTA มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกน้อยกว่ากระถางที่ไม่เติม EDTA แต่มีค่าใกล้เคียงกันมากจนไม่ส่งผลให้เกิดความต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.10 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (mgCd/kg)	**น้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (กรัม)**					
	15 วัน	**30 วัน**	**45 วัน**	**60 วัน**	**75 วัน**	**90 วัน**
0	$16.29^{Ad} \pm 1.14$	$18.88^{Acd} \pm 4.18$	$22.43^{Ac} \pm 2.67$	$34.07^{Ab} \pm 2.47$	$39.62^{Aa} \pm 3.24$	$43.40^{Aa} \pm 2.59$
50	$15.96^{ABd} \pm 1.67$	$16.88^{ABd} \pm 1.56$	$23.20^{Ac} \pm 1.90$	$31.41^{Ab} \pm 2.58$	$37.62^{Aa} \pm 3.25$	$41.07^{Aa} \pm 4.12$
100	$12.92^{BCd} \pm 1.89$	$15.10^{ABcd} \pm 1.64$	$18.31^{BCc} \pm 1.54$	$30.56^{Ab} \pm 2.34$	$33.79^{Ab} \pm 2.07$	$39.62^{Aa} \pm 4.46$
150	$12.19^{Cc} \pm 1.47$	$14.36^{Bc} \pm 1.02$	$17.35^{Cc} \pm 1.42$	$31.56^{Ab} \pm 2.41$	$34.86^{Aab} \pm 4.49$	$37.63^{Aa} \pm 3.98$
200	$11.79^{Cc} \pm 1.60$	$13.85^{Bc} \pm 2.24$	$15.84^{Cc} \pm 2.75$	$29.06^{Ab} \pm 2.48$	$33.72^{Aab} \pm 4.17$	$36.67^{Aa} \pm 2.71$
100(Non EDTA)	$13.77^{ABCd} \pm 2.39$	$14.41^{Bd} \pm 1.02$	$19.52^{ABCc} \pm 2.17$	$31.24^{Ab} \pm 2.42$	$34.69^{Aab} \pm 2.85$	$36.97^{Aa} \pm 4.08$

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในตารางที่ 4.11 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกจะอยู่ในช่วง 12.56 – 45.80 กรัม ค่าสูงสุดอยู่ที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน ค่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเริ่มต้นในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นแคดเมียมในดิน 0 50

100 150 และ 200 mgCd/kgดิน เท่ากับ 17.92 16.26 14.73 13.68 และ 12.56 กรัมตามลำดับ และสูงสุดที่ระยะเวลา 90 วัน เท่ากับ45.80 43.80 41.56 39.19 และ 37.04 กรัมตามลำดับ โดยค่าสูงสุดอยู่ที่กระถางควบคุม (0 mgCd/kgดิน) เท่ากับ 45.80 กรัม

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (ตารางที่ 4.11) พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกลดลงเมื่อความเข้มข้นของแคดเมียมในดินเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ที่ระยะเวลาการปลูก 15 30 45 60 และ 90 วัน ในขณะเดียวกันที่ระยะการปลูก 75 วัน ก็พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นของแคดเมียมในดินที่เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน แต่ก็มีค่าใกล้เคียงกันมากจนไม่มีความต่างทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าแฝกระหว่างกระถางที่มีการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 100 mgCd/kgดิน (ตารางที่ 4.11) พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกในกระถางที่มีการเติม EDTA มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยน้อยกว่ากระถางที่ไม่เติม EDTA แต่มีค่าใกล้เคียงกันมากจนไม่ส่งผลให้เกิดความต่างสถิติ

ตารางที่ 4.11 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (mgCd/kg)	**น้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (กรัม)**					
	15 วัน	**30 วัน**	**45 วัน**	**60 วัน**	**75 วัน**	**90 วัน**
0	17.92^{Ad} ±0.78	21.08^{Acd} ±2.54	25.71^{Ac} ±2.56	36.93^{Ab} ±3.90	40.28^{Ab} ±4.64	45.80^{Aa} ±1.29
50	16.26^{ABd} ±2.23	17.41^{ABcd} ±3.98	22.38^{Bc} ±0.58	35.99^{ABb} ±3.66	39.95^{Aab} ±2.12	43.80^{ABa} ±3.86
100	14.73^{ABCc} ±2.48	18.58^{ABc} ±2.20	20.23^{BCc} ±1.96	31.80^{BCDb} ±4.83	35.59^{Ab} ±2.58	41.56^{ABCa} ±3.41
150	13.68^{BCd} ±1.00	17.38^{ABc} ±0.92	19.92^{BCc} ±1.52	30.56^{CDb} ±2.35	37.97^{Aa} ±2.18	39.19^{BCa} ±3.28
200	12.56^{Cd} ±1.20	15.27^{Bcd} ±1.35	18.02^{Cc} ±2.48	28.62^{Db} ±1.88	35.30^{Aa} ±1.61	37.04^{Ca} ±1.81
100 (Non EDTA)	15.84^{ABc} ±3.17	19.25^{ABc} ±3.42	20.56^{BCc} ±2.50	33.80^{ABCb} ±3.36	35.92^{Aab} ±2.65	40.89^{ABCa} ±4.44

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

4.4.3.1.2 น้ำหนักแห้งส่วนรากของหญ้าแฝก

น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.12 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากจะอยู่ในช่วง 5.06 – 25.19 กรัม โดยค่าต่ำสุดอยู่ที่ระยะเวลาการปลูก 15 วัน ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินเท่ากับ 200 mgCd/kgดิน และค่าสูงสุดอยู่ที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินเท่ากับ 0 mgCd/kgดิน ค่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเริ่มต้นในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นแคดเมียมในดิน 0 50 100 150 และ 200 mgCd/kgดิน เท่ากับ 10.52 9.52 8.55 7.87 และ 5.06 กรัม ตามลำดับ และสูงสุดที่ระยะเวลา 90 วัน เท่ากับ 25.19 22.93 20.62 16.81 และ 17.17 กรัม ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน พบว่า น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกที่ระยะเวลาการปลูก 15 45 60 และ 75 วัน ลดลงตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ตารางที่ 4.12) แต่ที่ระยะเวลาการปลูก 30 วัน พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกันแต่ไม่มีความต่างทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกระหว่างกระถางที่มีการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมดิน 100 mgCd/kgดิน (ตารางที่ 4.12) พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกในกระถางที่มีการเติม EDTA มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกน้อยกว่ากระถางที่ไม่เติม EDTA แต่มีค่าใกล้เคียงกันมากจนไม่ส่งผลให้เกิดความต่างสถิติ

ในการเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีระหว่างส่วนใบและส่วนรากพบว่า มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบมากกว่าส่วนรากที่ทุกระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินและตลอดระยะเวลาที่ทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.10 และตารางที่ 4.12 น้ำหนักแห้งของส่วนใบและส่วนรากมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นแต่มีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของแคดเมียมในดินที่เพิ่มสูงขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (mgCd/kg)	น้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (กรัม)					
	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน	90 วัน
0	10.52 Ad ±1.33	9.12 Ad ±1.09	10.41 Ad ±1.16	14.11 Ac ±0.38	20.06 Ab ±1.62	25.19 Aa ±3.21
50	9.52 ABc ±1.33	8.59 Ac ±1.96	8.91 Ac ±1.50	14.04 Ab ±2.62	17.83 ABb ±2.73	22.93 ABa ±2.74
100	8.55 Bc ±1.60	8.13 Ac ±2.17	8.48 ABc ±1.22	12.91 ABbc ±1.58	16.91 ABab ±4.70	20.62 ABCa ±2.41
150	7.87 Bc ±1.28	7.65 Ac ±1.60	7.86 ABc ±1.77	12.71 ABb ±2.83	16.50 ABa ±1.07	16.81 Ca ±1.93
200	5.06 Cc ±0.38	6.89 Ac ±1.62	6.39 Bc ±0.71	10.78 Bb ±1.73	14.08 Ba ±1.42	17.17 Ca ±2.93
100(Non EDTA)	7.86 Bd ±1.49	8.19 Ad ±1.09	9.24 Ad ±1.02	13.02 ABc ±1.02	16.50 ABb ±1.89	20.21 BCa ±1.48

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้านน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ พบว่า โดยส่วนใหญ่มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.13 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกจะอยู่ในช่วง 6.78 – 27.28 กรัม ค่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเริ่มต้นในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นแคดเมียมในดิน 0 50 100 150 และ 200 mgCd/kg ดินที่ระยะเวลาการปลูก 15 วัน เท่ากับ 12.62 10.03 7.49 7.16 และ 6.78 กรัม ตามลำดับ และสูงสุดที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน เท่ากับ 27.28 23.14 21.50 21.71 และ 22.14 กรัม ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (ตารางที่ 4.13) พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกลดลงเมื่อความเข้มข้นของแคดเมียมในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ที่ระยะเวลาการปลูก 15 30 และ 75 วัน ในขณะเดียวกันที่ระยะเวลาการปลูก 45 60 และ 90 วัน ก็พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นของแคดเมียมในดินที่เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน แต่มีค่าใกล้เคียงกันมากจนไม่มีความต่างทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกระหว่างกระถางที่มีการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 100 mgCd/kgดิน (ตารางที่ 4.13) พบว่าในกระถางที่มีการเติม EDTA มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกน้อยกว่ากระถางที่ไม่เติม EDTA ยกเว้นที่ระยะการปลูก 30 75 และ 90วัน แต่มีค่าใกล้เคียงกันมากจนไม่ส่งผลให้เกิดความต่างทางสถิติ

ในการเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ระหว่างส่วนใบและส่วนรากพบว่า น้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบมีมากกว่าส่วนรากที่ทุกระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินและตลอดระยะเวลาที่ทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.11 และ 4.13 และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของส่วนใบและส่วนรากมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นเช่นเดียวกับหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.13 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (mgCd/kg)	น้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (กรัม)					
	15 วัน	**30 วัน**	**45 วัน**	**60 วัน**	**75 วัน**	**90 วัน**
0	12.62^{Acd} ±2.00	10.50^{ABd} ±0.61	11.73^{Acd} ±1.97	15.78^{Ac} ±2.73	22.28^{Ab} ±3.16	27.28^{Aa} ±2.68
50	10.03^{ABbc} ±1.21	9.16^{Bc} ±1.10	10.06^{Abc} ±1.85	14.77^{Ab} ±2.74	20.28^{Aa} ±3.18	23.14^{ABa} ±3.25
100	7.49^{BCc} ±1.03	12.20^{Ab} ±1.13	12.75^{Ab} ±1.59	13.63^{Ab} ±3.13	15.15^{Bb} ±2.11	21.50^{Ba} ±2.32
150	7.16^{Cc} ±1.14	11.18^{ABb} ±1.09	11.69^{Ab} ±2.09	13.90^{Ab} ±2.34	19.86^{Aa} ±1.71	21.71^{Ba} ±2.70
200	6.78^{Cd} ±1.36	10.25^{cd} ±2.24	10.81^{Ac} ±0.60	12.23^{Ab} ±3.14	15.04^{Bb} ±1.48	22.14^{Ba} ±0.98
100 (Non EDTA)	8.73^{BCc} ±1.43	10.87^{ABbc} ±1.39	13.42^{Ab} ±2.50	14.59^{Ab} ±2.20	14.59^{Bb} ±2.19	20.28^{Ba} ±1.62

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบและส่วนรากระหว่างหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ (ตารางที่ 4.10 4.11 4.12 และ 4.13) พบว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีค่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบมากกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีทุกระยะเวลาการปลูก ยกเว้นที่ระยะเวลาปลูก 60 วัน ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 150 mgCd/kgดิน น้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีมากกว่ากลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ สำหรับน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝก พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีค่ามากกว่าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ทุกระยะเวลาการปลูก ยกเว้นที่ระยะเวลาการปลูก 15 วัน ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 100 และ 150 mgCd/kgดิน และ

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ระยะเวลาการปลูก 75 วัน ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 100 mgCd/kgดิน น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีจะมีค่ามากกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

4.4.3.1.3 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นของหญ้าแฝก

เมื่อทำการเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นระหว่างหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีกับหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ พบว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นมากกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ทุกระยะเวลาการปลูกและทุกระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน ดังแสดงในตารางที่ 4.14 และ 4.15

ตารางที่ 4.14 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี

ความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (mgCd/kg)	**น้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (กรัม)**					
	15 วัน	**30 วัน**	**45 วัน**	**60 วัน**	**75 วัน**	**90 วัน**
0	26.81^{Ad} ±2.29	28.00^{Ad} ±4.68	32.85^{Ad} ±1.86	48.18^{Ac} ±2.12	59.68^{Ab} ±1.95	68.59^{Aa} ±5.69
50	25.48^{Ae} ±2.87	25.47^{ABe} ±3.21	32.11^{Ad} ±3.34	45.45^{Ac} ±0.20	55.45^{ABb} ±3.99	64.00^{ABa} ±3.51
100	21.47^{Bd} ±1.83	23.23^{BCd} ±3.78	26.79^{BCd} ±0.32	43.46^{ABc} ±3.12	50.70^{BCb} ±4.08	60.24^{BCa} ±3.68
150	20.06^{Bc} ±1.74	22.01^{BCc} ±0.68	25.22^{BCc} ±2.65	44.28^{ABb} ±2.59	51.35^{BCa} ±5.17	54.44^{Ca} ±3.13
200	16.85^{Cc} ±1.22	20.74^{Cc} ±2.89	22.22^{Cc} ±2.67	39.84^{Bb} ±3.76	47.80^{Ca} ±5.37	53.84^{Ca} ±4.64
100 (Non EDTA)	21.62^{Bd} ±2.54	22.61^{BCd} ±1.98	28.77^{ABc} ±1.57	44.26^{ABb} ±3.42	51.19^{BCa} ±3.51	57.18^{BCa} ±5.48

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

ตารางที่ 4.15 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

ความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (mgCd/kg)	**น้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (กรัม)**					
	15 วัน	**30 วัน**	**45 วัน**	**60 วัน**	**75 วัน**	**90 วัน**
0	30.54^{Ae} ±2.34	31.58^{Ae} ±2.93	37.44^{Ad} ±0.63	52.71^{Ac} ±5.33	62.56^{Ab} ±1.55	73.08^{Aa} ±1.39
50	26.29^{Be} ±1.07	26.57^{BCe} ±1.86	32.43^{BCd} ±1.72	50.76^{ABc} ±3.17	60.23^{ABb} ±1.09	66.94^{ABa} ±5.82
100	22.22^{BCDe} ±1.53	30.78^{ABCd} ±1.71	32.98^{ABd} ±0.38	45.43^{ABCc} ±2.47	50.74^{Cb} ±2.22	63.06^{Ba} ±3.04
150	20.84^{CDd} ±0.34	28.56^{ABCc} ±1.02	31.61^{BCc} ±0.58	44.46^{BCb} ±3.48	57.83^{Ba} ±3.48	60.90^{Ba} ±5.50
200	19.34^{De} ±2.51	25.52^{Cd} ±3.54	28.84^{Cd} ±2.59	40.85^{Cc} ±4.90	50.34^{Cb} ±2.63	59.18^{Ba} ±0.83
100 (Non EDTA)	24.58^{BCd} ±4.60	30.11^{ABCcd} ±2.07	33.98^{ABc} ±3.80	48.38^{ABCb} ±3.18	50.51^{Cb} ±4.17	61.18^{Ba} ±5.28

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

จากการที่หญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีจำนวนต้นต่อกอ ความสูงและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของส่วนใบและส่วนรากเพิ่มขึ้นตามระยะการปลูกที่นานขึ้น เป็นผลเนื่องมาจากการที่หญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีคุณสมบัติทนต่อความเป็นพิษและเจริญเติบโตได้ในสภาพของดินที่มีความเป็นพิษของแคดเมียมในดินได้สูง (Troung และ Dennis, 1998; Rob และ Pierpoint, 1983) ในขณะที่พืชส่วนใหญ่ที่มีแคดเมียมในดินเพียง 3-5 mg/kgดิน ก็สามารถทำให้เกิดอาการเป็นพิษในพืชได้ (ศุภมาศ, 2545) อีกทั้งหญ้าแฝกเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตโดยการเพิ่มมวลชีวภาพส่วนยอดได้สูงเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่น ๆ (Troung, 1999) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของดุษลักษณ์ (2543) ที่ทำการศึกษาการเจริญเติบโตในด้านจำนวนต้นต่อกอ ความสูง และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของส่วนใบและรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีและกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ในดินที่มีการปนเปื้อน

ของสารหนู ซึ่งก็พบว่าหญ้าทั้งสองกลุ่มพันธุ์ มีจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอ ความสูงเฉลี่ยและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นด้วย

จากการที่หญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอ ความสูงเฉลี่ยและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของส่วนใบและส่วนรากมีแนวโน้มลดลงตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเมื่อหญ้าแฝกดูดดึงของแคดเมียมเข้าไปสะสมในใบและรากมากขึ้น จึงอาจจะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกได้ แต่จากการทดลองครั้งนี้พบว่าถึงแม้ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินเพิ่มสูงขึ้นถึง 200 mg/kgดิน หญ้าแฝกก็ยังสามารถเจริญเติบโตได้อยู่ แต่อาจจะไม่มากนักเมื่อเทียบกับกระถางควบคุม ซึ่งอาจเกิดจากการที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมใบและรากหญ้าแฝกอาจจะยังไม่มากพอที่จะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกจึงทำให้หญ้าแฝกยังสามารถเจริญเติบโตได้อยู่และปราศจากอาการเป็นพิษจากแคดเมียม (ศุภมาศ, 2545) ซึ่งจากการศึกษาของ Troung (1999) พบว่าหญ้าแฝกยังเจริญเติบโตได้ตามปกติในดินที่มีความเข้มข้นของแคดเมียม 5-20 mg/kgดิน และมีความทนทานต่อความเป็นพิษของแคดเมียมได้ดี (Troung และ Claridge, 1996)

จากการที่หญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ที่ปลูกในกระถางที่มีการเติม EDTA มีจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอ ความสูงเฉลี่ยและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของส่วนใบและส่วนรากมากกว่าหญ้าแฝกที่ปลูกในกระถางที่ไม่มีการเติม EDTA ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก EDTA เป็นสารจำพวกคีเลต (สมบุญ, 2544) ซึ่งมีผลต่อการอัตราดูดดึงแคดเมียมของหญ้าแฝกทำให้หญ้าแฝกดูดดึงแคดเมียมได้มากขึ้น และแคดเมียมก็อาจจะไปมีผลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของพืช ยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์แสง กระบวนการคายน้ำของพืช ลดปริมาณคลอโรฟิลล์ ทำให้โครงสร้างของคลอโรฟิลล์ผิดปกติ (Peligard, 1986) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้จำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอ ความสูงเฉลี่ยและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบและส่วนรากของหญ้าแฝกในกระถางที่มีการเติม EDTA มีจำนวนน้อยกว่าในกระถางที่ไม่มีการเติม EDTA แต่ก็มีค่าที่ใกล้เคียงกันมากจนไม่เกิดความต่างทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตด้านจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอ ความสูงเฉลี่ย และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ พบว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอมากกว่ากลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ อาจเนื่องมาจากลักษณะเฉพาะของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่มีการแตกกอได้มากกว่า มีการแตกตะเกียงและแขนงลำต้นได้มาก (กรมพัฒนาที่ดิน,2541; กมลพรรณ,2541) จึงทำให้จำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีมากกว่ากลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ และจากการศึกษาของ เฉลียวและคณะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(2540) ได้ทำศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์นี้ในดินทรายปนดินร่วน ก็พบว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอ มากกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์เช่นเดียวกัน ในทางกลับกันหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีความสูงเฉลี่ยและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยมากกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี เนื่องมาจากลักษณะเฉพาะของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์นี้ กล่าวคือลักษณะใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีพื้นที่ใบกลวงมีขนาดช่องอากาศใหญ่ ส่วนรากมีขนาดเส้นเล็กและมีโพรงอากาศขนาดใหญ่ ในขณะที่ลักษณะใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีกลุ่มเซลล์ผนังหนาและแข็ง รากมีขนาดใหญ่อวบน้ำ (วิฑูร, 2537; ราเชนทร์, 2534; กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) สอดคล้องกับงานวิจัยของวงศ์พงา (2544) ที่ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอนในการกำจัดโครเมียมในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น ซึ่งก็พบว่าหญ้าแฝกดอนกลุ่มพันธุ์พันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีความสูงเฉลี่ยและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยมากกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีเช่นเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยระหว่างส่วนใบและส่วนรากของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์พบว่า น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของส่วนใบมากกว่าส่วนราก เนื่องมาจากหญ้าแฝกเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตโดยการเพิ่มมวลชีวภาพส่วนยอดได้สูง ประกอบกับการปลูกในกระถางไม่ได้มีพื้นที่จำกัดในส่วนของยอดหญ้าแฝกจึงทำให้การเพิ่มมวลชีวภาพในส่วนใบได้ดี ส่วนด้านการเจริญเติบโตในส่วนรากของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีข้อจำกัดในด้านพื้นที่คือปลูกในกระถางจึงทำให้การเพิ่มมวลชีวภาพในส่วนรากได้ไม่ดีเท่าส่วนใบ

4.4.3.2 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าแฝกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

4.4.3.2.1 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบของหญ้าแฝก

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ นั้นพบว่า มีหญ้าแฝกตายในวันแรกที่มีการเติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 1,000 1,500 และ 2,000 mgZn/kgดิน ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาความสูงเฉลี่ยของหญ้าแฝกที่รอดจากการทดลองที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 และ 500 mgZn/kgดิน พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นทุกระดับความเข้มข้นของสังกะสีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.16 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกจะอยู่

ในช่วง 17.14 – 44.24 กรัม ค่าสูงสุดอยู่ที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน ค่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเริ่มต้นในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นสังกะสีในดิน 0 และ 500 mgZn/kgดิน เท่ากับ 17.14 และ 20.57 กรัม ตามลำดับ และค่าสูงสุดที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน เท่ากับ 44.24 และ 29.50 กรัม ตามลำดับ โดยค่าสูงสุดอยู่ที่กระถางควบคุม (0 mgZn/kgดิน) เท่ากับ 44.24 กรัม

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีตามระดับความเข้มข้นของสังกะสี (ตารางที่ 4.16) พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกลดลงเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ที่ทุกระยะเวลาการปลูก ยกเว้นที่ระยะเวลาการปลูก 15 30 และ 45 วัน น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าแฝกเพิ่มสูงขึ้นตามความเข้มข้นของสังกะสีที่เพิ่มขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าแฝกระหว่างกระถางที่มีการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน (ตารางที่ 4.16) พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกในกระถางที่มีการเติม EDTA มีค่าน้อยกว่าในกระถางที่ไม่เติม EDTA ยกเว้นที่ระยะเวลาการปลูก 30 และ 90 วัน ที่น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกในกระถางที่มีการเติม EDTA มีน้ำหนักแห้งมากกว่าแต่ก็ไม่ส่งผลให้เกิดความต่างทางสถิติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.16 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้น ต่างๆ

ความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (mgZn/kg)	น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของส่วนใบหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (กรัม)					
	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน	90 วัน
0	17.14[Bd] ±1.51	18.73[Bcd] ±2.63	23.80[Ac] ±3.44	33.11[Ab] ±4.32	39.62[Aa] ±3.24	44.24[Aa] ±2.80
500	20.57[Ac] ±1.27	26.21[Ab] ±1.81	25.57[Ab] ±1.27	24.56[Bb] ±1.70	26.47[Bab] ±2.77	29.50[Ba] ±0.62
500 (Non EDTA)	21.08[Ab] ±2.71	24.29[ABab] ±3.57	25.16[Aa] ±1.33	25.60[Ba] ±0.49	26.12[Ba] ±0.36	27.54[Ba] ±1.03

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่มีสังกะสีในดินที่ระดับความเข้มข้นต่างๆนั้น พบว่ามีหญ้าแฝกตายในวันแรกที่มีการเติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 1,000 1,500 และ 2,000 mgZn/kgดิน ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาความสูงของหญ้าแฝกที่รอดจากการทดลองที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 และ500 mgZn/kgดิน พบว่า น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นของสังกะสีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.17 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกจะอยู่ในช่วง 17.10 – 47.39 กรัม ค่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเริ่มต้นในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นสังกะสีในดิน 0 และ 500 mgZn/kgดิน เท่ากับ 17.10 และ 18.73 กรัม ตามลำดับ และค่าสูงสุดที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน เท่ากับ 47.39 และ 31.68 กรัม ตามลำดับ โดยค่าสูงสุดอยู่ที่กระถางควบคุม (0 mgZn/kgดิน) เท่ากับ 47.39 กรัม

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ตามระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (ตารางที่ 4.17) พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกลดลงเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในดินเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ที่ระยะเวลาการปลูก 60 75 และ 90 วัน ยกเว้นที่ระยะเวลาการปลูก 15 30 และ

45 วัน น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าแฝกเพิ่มสูงขึ้นตามความเข้มข้นของสังกะสีที่เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน แต่ไม่ทำให้เกิดความต่างทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกระหว่างกระถางที่มีการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีดิน 500 mgZn/kgดิน (ตารางที่ 4.17) พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกในกระถางที่มีการเติม EDTA มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกน้อยกว่ากระถางที่ไม่เติม EDTA ทุกระยะเวลาการปลูก แต่ก็ไม่ส่งผลให้เกิดความต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.17 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของส่วนใบหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (mgZn/kg)	**น้ำหนักของส่วนใบหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (กรัม)**					
	15 วัน	**30 วัน**	**45 วัน**	**60 วัน**	**75 วัน**	**90 วัน**
0	$^{a}17.10^{Ad}$ ±1.28	$^{a}20.35^{Acd}$ ±2.74	$^{a}26.22^{Ac}$ ±2.76	$^{a}37.13^{Ab}$ ±2.76	$^{a}41.25^{Ab}$ ±4.24	$^{a}47.39^{Aa}$ ±4.37
500	$^{a}18.73^{Ac}$ ±2.69	$^{a}25.50^{Ab}$ ±3.31	$^{a}26.37^{Ab}$ ±2.84	$^{b}27.42^{Bab}$ ±2.98	$^{b}28.35^{Bab}$ ±2.20	$^{b}31.68^{Ba}$ ±1.85
500 (Non EDTA)	$^{a}21.59^{Ab}$ ±1.99	$^{a}27.22^{Aab}$ ±4.06	$^{a}28.27^{Aa}$ ±2.74	$^{b}29.87^{Ba}$ ±2.34	$^{b}30.81^{Ba}$ ±4.84	$^{b}32.19^{Ba}$ ±1.34

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

4.4.3.2.2 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนรากของหญ้าแฝก

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีรอดจากการทดลองที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 และ 500 mgZn/kgดิน พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นของสังกะสีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.18 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกจะอยู่ในช่วง 9.24 – 25.28 กรัม ค่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเริ่มต้นใน

กระถางที่มีระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 และ 500 mgZn/kgดิน เท่ากับ 11.03 และ 9.24 กรัม ตามลำดับ และค่าสูงสุดที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน เท่ากับ 25.28 และ 13.86 กรัม ตามลำดับ โดยค่าสูงสุดอยู่ที่กระถางควบคุม (0 mgZn/kg) เท่ากับ 25.28 กรัม

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีตามระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (ตารางที่ 4.18) พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกลดลงเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในดินเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ที่ทุกระยะเวลาการปลูก ยกเว้นที่ระยะเวลาการปลูก 30 และ 45 วัน น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกเพิ่มสูงขึ้นตามความเข้มข้นของสังกะสีในดินที่เพิ่มสูงขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกระหว่างกระถางที่มีการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน (ตารางที่ 4.18) พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกในกระถางที่มีการเติม EDTA มีค่าน้อยกว่าในกระถางที่ไม่เติม EDTA แต่ก็มีค่าใกล้เคียงกันมากจนไม่ส่งผลให้เกิดความต่างทางสถิติ

ในการเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีระหว่างส่วนใบและส่วนรากพบว่า น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของส่วนใบมากกว่าส่วนรากที่ทุกระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดินและตลอดระยะเวลาที่ทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.17 และ 4.18 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของส่วนใบและส่วนรากมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นแต่มีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของสังกะสีในดินที่เพิ่มสูงขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.18 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (mgZn/kg)	**น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของส่วนรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (กรัม)**					
	15 วัน	**30 วัน**	**45 วัน**	**60 วัน**	**75 วัน**	**90 วัน**
0	11.03 [Ac] ±1.32	10.20 [Ac] ±2.11	9.93 [Ac] ±1.74	14.11 [Abc] ±3.34	18.72 [Ab] ±2.85	25.28 [Aa] ±3.28
500	9.24 [Ac] ±1.52	10.58 [Abc] ±1.64	11.46 [Aabc] ±2.05	12.21 [Aab] ±0.74	13.35 [Aa] ±0.90	13.86 [Ba] ±0.74
500 (Non EDTA)	10.33 [Ac] ±0.71	11.44 [Abc] ±1.05	12.15 [Abc] ±0.47	13.38 [Aab] ±0.19	15.41 [Aa] ±2.68	15.93 [Ba] ±1.23

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่รอดจากการทดลองที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 และ 500 mgZn/kgดิน พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นของสังกะสีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.19 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกจะอยู่ในช่วง 9.71–24.78 กรัม น้ำหนักแห้งเฉลี่ยเริ่มต้นในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นสังกะสีในดิน 0 และ 500 mgZn/kgดิน เท่ากับ 12.00 และ 9.71 กรัม ตามลำดับ และค่าสูงสุดที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน เท่ากับ 24.78 และ 15.80 กรัมตามลำดับ โดยค่าสูงสุดอยู่ที่กระถางควบคุม (0 mgZn/kgดิน) เท่ากับ 24.78 กรัม

เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ตามระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (ตารางที่ 4.19) พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกลดลงเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ที่ทุกระยะเวลาการปลูก ยกเว้นที่ระยะเวลาการปลูก 15 30 และ 45 วัน น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกเพิ่มสูงขึ้นตามความเข้มข้นของสังกะสีที่เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน แต่ก็มีค่าใกล้เคียงกันจนไม่ส่งผลให้เกิดความต่างทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ระหว่างกระถางที่มีการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีดิน 500 mgZn/kgดิน (ตารางที่ 4.19) พบว่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกในกระถางที่มีการเติม EDTA มีค่าน้อยกว่ากระถางที่ไม่เติม EDTA แต่ก็มีค่าใกล้เคียงกันมากจนไม่ส่งผลให้เกิดความต่างทางสถิติ ยกเว้นที่ระยะเวลาการปลูก 60 และ 75 วัน

ในการเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ระหว่างส่วนใบและส่วนรากพบว่า มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบมากกว่าส่วนรากที่ทุกระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดินและตลอดระยะเวลาที่ทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.18 และ 4.19 และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของส่วนใบและส่วนรากมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นแต่มีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของสังกะสีในดินที่เพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 4.19 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของส่วนรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (mgZn/kg)	**น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของส่วนรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (กรัม)**					
	15 วัน	**30 วัน**	**45 วัน**	**60 วัน**	**75 วัน**	**90 วัน**
0	12.00^{Ac} ±1.45	9.97^{Ac} ±1.21	11.90^{Ac} ±2.26	16.72^{Ab} ±1.26	19.76^{Ab} ±2.22	24.78^{Aa} ±1.69
500	9.71^{Ab} ±1.99	10.95^{Ab} ±0.86	12.46^{Aab} ±2.63	12.85^{Bab} ±1.50	14.48^{Ca} ±1.51	15.80^{Ba} ±2.23
500 (Non EDTA)	10.89^{Ab} ±1.43	11.81^{Ab} ±1.81	15.96^{Aa} ±1.61	16.16^{Aa} ±1.34	17.57^{Ba} ±1.12	18.80^{Ba} ±2.47

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบและส่วนรากระหว่างหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ พบว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีค่าน้ำหนักแห้งส่วนใบมากกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีทุกระยะเวลาการปลูก ยกเว้นที่ระยะเวลาปลูก 15 และ 30 วัน ที่น้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีมากกว่ากลุ่มพันธุ์

ประจวบคีรีขันธ์ สำหรับน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกพบว่า น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีค่ามากกว่าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีเช่นกัน ยกเว้นที่ระยะเวลาการปลูก 30 และ 90 วันที่กระถางควบคุมที่น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี จะมีค่ามากกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์เล็กน้อย

4.4.3.2.3 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นของหญ้าแฝก

เมื่อทำการเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นระหว่างหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 และ 500 mgZn/kgดิน พบว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นมากกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีทุกระยะเวลาการปลูก ยกเว้นที่ระยะเวลาการปลูก 15 และ 30 วัน น้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีค่ามากกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์แต่ก็มีค่าที่ใกล้เคียงกันมากจนไม่ก่อให้เกิดความต่างทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.20 และ 4.21

ตารางที่ 4.20 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (mgZn/kg)	**น้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (กรัม)**					
	15 วัน	**30 วัน**	**45 วัน**	**60 วัน**	**75 วัน**	**90 วัน**
0	28.17^{Ad} ±0.80	28.93^{Ad} ±2.95	33.73^{Ad} ±5.15	47.22^{Ac} ±1.27	58.34^{Ab} ±5.94	69.51^{Aa} ±5.18
500	29.81^{Ac} ±2.78	36.79^{Ab} ±3.07	37.03^{Ab} ±2.03	36.76^{Bb} ±2.16	39.81^{Bab} ±3.37	43.36^{Ba} ±0.14
500 (Non EDTA)	31.40^{Ad} ±3.06	35.73^{Acd} ±4.25	37.31^{Abc} ±1.42	38.98^{Babc} ±0.52	41.54^{Bab} ±2.96	43.47^{Ba} ±1.82

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

ตารางที่ 4.21 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (mgZn/kg)	น้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (กรัม)					
	15 วัน	**30 วัน**	**45 วัน**	**60 วัน**	**75 วัน**	**90 วัน**
0	29.10^{Ae} $\pm$1.31	30.32^{Ae} $\pm$2.80	38.12^{Ad} $\pm$4.07	53.86^{Ac} $\pm$1.82	61.01^{Ab} $\pm$4.21	72.17^{Aa} $\pm$6.06
500	28.44^{Ad} $\pm$4.26	36.46^{Ac} $\pm$3.96	38.84^{Abc} $\pm$3.04	40.27^{Cbc} $\pm$4.37	42.83^{Bab} $\pm$3.71	47.48^{Ba} $\pm$0.39
500 (Non EDTA)	32.48^{Ac} $\pm$3.19	39.03^{Abc} $\pm$3.27	44.23^{Aab} $\pm$3.66	46.0^{Bab} $\pm$3.60	48.37^{Ba} $\pm$5.84	50.98^{Ba} $\pm$3.54

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

จากการที่หญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีการเพิ่มจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกอ ความสูงเฉลี่ยและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น แสดงถึงความสามารถในการขยายพันธุ์ของหญ้าแฝก โดยจะแตกกอออกทางด้านข้างรอบกอเดิมและหญ้าแฝกที่ปลูกในกระถางที่มีสังกะสีในดินมีการแตกกอได้ดีเช่นเดียวกันกับหญ้าแฝกที่ปลูกในกระถางควบคุม เนื่องมาจากสังกะสีเป็นธาตุอาหารเสริมของพืช และระยะเวลาที่ได้รับสังกะสีของหญ้าแฝกอาจจะยังไม่ถึงเวลาที่จะทำให้สังกะสีเป็นพิษต่อหญ้าแฝก ทำให้หญ้าแฝกสามารถเจริญเติบโตได้ตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริลักษณ์ (2548) ที่ทำการศึกษาความสูงเฉลี่ยและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าแฝกที่ปลูกในดินที่ปนเปื้อนด้วยแคดเมียม 0 10 และ 20 mg/kgดิน ที่ระยะเวลาการปลูก 30 60 และ 45 วัน ซึ่งก็พบว่าความสูงเฉลี่ยและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้าแฝกก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่เพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน

ส่วนการที่หญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของส่วนใบและส่วนรากลดลงตามระดับความเข้มข้นของสังกะสีที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเมื่อหญ้าแฝกได้รับสังกะสีเข้าไปสะสมในใบและรากมากขึ้น จึงอาจจะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกได้ จากการทดลองครั้งนี้ พบว่าถึงแม้ปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีในดินที่เพิ่มสูงขึ้นแต่หญ้าแฝกก็

ยังสามารถเจริญเติบโตได้อยู่แต่อาจจะไม่มากนักเมื่อเทียบกับกระถางควบคุม ซึ่งอาจเกิดจากการที่ปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีใบและรากหญ้าแฝกอาจจะยังไม่มากพอที่จะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกจึงทำให้หญ้าแฝกยังสามารถเจริญเติบโตได้อยู่

จากการที่หญ้าแฝกกลุ่มทั้งสองพันธุ์ที่ปลูกในกระถางที่มีการเติม EDTA มีน้ำหนักแห้งของส่วนใบและส่วนรากมากกว่าหญ้าแฝกที่ปลูกในกระถางที่ไม่มีการเติม EDTA ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก EDTA มีผลต่อการอัตราดูดดึงสังกะสีของหญ้าแฝกทำให้หญ้าแฝกดูดดึงสังกะสีได้มากขึ้น เช่นเดียวกับ Chen, Shen และ Li (2004) ได้ศึกษาการเคลื่อนย้ายและการดูดดึงตะกั่วในหญ้าแฝกจากดินปนเปื้อนตะกั่วโดยการใช้ EDTA จากผลการทดลองก็พบว่าอัตราการเคลื่อนย้ายของตะกั่วจากรากหญ้าแฝกไปสู่ส่วนลำต้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจากการที่หญ้าแฝกเพิ่มการดูดดึงสังกะสีมากขึ้นนั้นอาจจะจะไปมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (Peligard, 1986) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยส่วนใบและส่วนรากของหญ้าแฝกในกระถางที่มีการเติม EDTA มีจำนวนน้อยกว่าในกระถางที่ไม่มีการเติม EDTA แต่ก็มีค่าที่ใกล้เคียงกันมากจนไม่เกิดความต่างทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยระหว่างส่วนใบและส่วนรากของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ พบว่าหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของส่วนใบมากกว่าส่วนราก เนื่องมาจากหญ้าแฝกเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตได้โดยการเพิ่มมวลชีวภาพส่วนยอดได้สูง ประกอบกับการปลูกในกระถางไม่ได้มีพื้นที่จำกัดในส่วนของยอดหญ้าแฝก จึงทำให้การเพิ่มมวลชีวภาพในส่วนใบได้ดี ส่วนด้านการเจริญเติบโตในส่วนรากของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีข้อจำกัดในด้านพื้นที่ คือปลูกในกระถางจึงทำให้การเพิ่มมวลชีวภาพในส่วนรากได้ไม่ดีเท่าส่วนใบเช่นเดียวกันกับหญ้าแฝกที่ปลูกในกระถางที่มีการเติมแคดเมียม

จากการที่หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นมากกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ สุราษฎร์ธานี เนื่องมาจากลักษณะเฉพาะของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์นี้ กล่าวคือลักษณะใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีพื้นที่ใบกลวง มีขนาดช่องอากาศใหญ่ ส่วนรากมีขนาดเส้นเล็กและมีโพรงอากาศขนาดใหญ่ ในขณะที่ลักษณะใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ มีกลุ่มเซลล์ผนังหนาและแข็ง รากมีขนาดใหญ่อวบน้ำเช่นเดียวกับหญ้าแฝกที่ปลูกในกระถางที่มีการเติมแคดเมียม

4.5 ความเข้มข้นของโลหะหนักในส่วนต่าง ๆ ของหญ้าแฝก

4.5.1 ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในส่วนต่าง ๆ ของหญ้าแฝก

ในการศึกษาการสะสมแคดเมียมของหญ้าแฝกโดยเก็บตัวอย่างหญ้าแฝกมาแยกเป็นส่วนต่าง ๆ คือ ใบ และ ราก แล้วนำมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของแคดเมียมในแต่ละส่วน โดยคำนวณเป็นหน่วยความเข้มข้นในหน่วย mgCd/kgน้ำหนักแห้ง พบว่าหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในส่วนใบน้อยกว่าในส่วนราก

4.5.1.1 การสะสมแคดเมียมเฉลี่ยในส่วนใบของหญ้าแฝก

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในใบหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีตามระยะเวลาการปลูก (ตารางที่ 4.22) พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในใบหญ้าแฝกที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 50 100 150 และ 200 mgCd/kgดิน ตามลำดับ เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % โดยที่ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในใบหญ้าแฝกที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน มีค่ามากที่สุด ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 50 100 150 และ 200 mgCd/kgดิน มีค่าเท่ากับ 48.45 74.49 104.25 และ 127.27 mg/kgน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในใบหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (ตารางที่ 4.22) พบว่าที่ระยะเวลาการปลูก 15 45 60 75 และ 90 วัน ตามลำดับ ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในใบหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินที่เพิ่มมากขึ้น อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % โดยที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 200 mgCd/kgดิน ที่ระยะการปลูก 90 วัน มีค่ามากที่สุด คือ 127.27 mg/kgน้ำหนักแห้ง และที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 50 mgCd/kgดิน ที่ระยะการปลูก 15วัน ถือได้ว่า มีค่าน้อยที่สุดคือ 12.83 mg/kgน้ำหนักแห้ง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 100 mgCd/kgดิน (ตารางที่ 4.22) พบว่าที่ระยะการปลูก 45 60 75 และ 90 วัน การเติม EDTA ส่งผลให้ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ส่วนในระยะการปลูกที่ 15 และ 30 วันนั้น กลับพบว่า

การเติม EDTA ไม่ส่งผลให้เกิดความต่างทางสถิติของความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในใบหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี แต่มีแนวโน้มที่มากกว่า

ตารางที่ 4.22 ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมที่พบในส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (mgCd/kg)	ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมที่พบในใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (mg/kg)					
	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน	90 วัน
0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
50	12.83[Dc] ±1.15	16.69[Cc] ±2.73	17.76[Ec] ±2.14	25.75[Db] ±2.00	23.90[Eb] ±3.19	48.45[Ea] ±3.64
100	23.73[Cd] ±3.34	42.83[Bc] ±6.40	40.88[Cc] ±8.29	43.33[Cc] ±2.34	55.64[Cb] ±3.70	74.49[Ca] ±2.75
150	41.70[Bc] ±2.98	59.42[Ab] ±9.45	58.95[Bb] ±3.08	66.04[Bb] ±5.32	67.44[Bb] ±3.96	104.25[Ba] ±9.30
200	55.45[Ad] ±8.60	66.80[Acd] ±7.12	92.95[Ab] ±7.75	78.32[Ac] ±7.40	74.18[Ac] ±2.77	127.27[Aa] ±5.50
100 (Non EDTA)	20.59[Cc] ±2.73	39.74[Bb] ±9.04	32.43[Db] ±4.09	30.61[Db] ±4.85	36.67[Db] ±4.63	60.66[Da] ±2.04

หมายเหตุ : N.D. หมายถึง มีปริมาณน้อยมากไม่สามารถตรวจพบได้ด้วยเครื่อง AAS

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

เมื่อพิจารณาระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในใบหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ตามระยะเวลาการปลูก (ตารางที่ 4.23) พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในใบหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 50 100 150 และ 200 mgCd/kgดิน ตามลำดับ ความเข้มข้นเฉลี่ยของใบหญ้าแฝกจะอยู่ในช่วง 11.10–111.83 mg/kgน้ำหนักแห้ง โดยที่ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในใบหญ้าแฝกที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน มีค่ามากที่สุด ระดับความ

เข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในดิน 50 100 150 และ 200 mgCd/kgดิน มีค่าเท่ากับ 28.47 61.29 89.92 และ 111.83 mg/kgน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ตามความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (ตารางที่ 4.23) พบว่าระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในใบหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 200 mgCd/kgดิน ที่ระยะการปลูก 90 วัน มีค่ามากที่สุด คือ 111.83 mg/kgน้ำหนักแห้ง และที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 50 mgCd/kg ที่ระยะการปลูก 15 วัน ถือได้ว่า มีค่าน้อยที่สุดคือ 11.10 mg/kgน้ำหนักแห้ง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 100 mgCd/kg (ตารางที่ 4.23) พบว่า การเติม EDTA ส่งผลให้ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในใบหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ที่ระยะการปลูก 60 75 และ 90 วัน แต่ที่ระยะเวลาการปลูก 15 30 และ 45 วัน กลับพบว่า การเติม EDTA ไม่ส่งผลให้เกิดความต่างทางสถิติของความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในใบหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ แต่พบว่ามีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.23 ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมที่พบในใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (mgCd/kg)	ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมที่พบในใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (mg/kg)					
	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน	90 วัน
0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
50	11.10^{Cd} ±1.19	13.49^{Dcd} ±2.52	15.58^{Dbc} ±1.50	17.96^{Db} ±1.79	18.25^{Eb} ±1.64	28.47^{Ea} ±2.09
100	16.00^{BCd} ±2.58	30.76^{Cc} ±2.62	33.73^{Cbc} ±5.43	37.84^{Cbc} ±5.88	42.76^{Cb} ±4.63	61.29^{Ca} ±6.93
150	21.46^{Bd} ±6.24	42.13^{Bc} ±6.07	48.20^{Bc} ±2.77	65.33^{Bb} ±5.82	59.71^{Bb} ±4.34	89.92^{Ba} ±5.71
200	40.43^{Ad} ±7.25	53.28^{Acd} ±5.19	64.48^{Abc} ±7.03	76.95^{Ab} ±7.48	68.22^{Abc} ±10.74	111.83^{Aa} ±7.75
100 (Non EDTA)	11.40^{Cc} ±4.13	24.28^{Cb} ±5.32	27.63^{Cb} ±5.54	25.86^{Db} ±5.22	33.30^{Db} ±5.54	46.24^{Da} ±2.40

หมายเหตุ : N.D. หมายถึง มีปริมาณน้อยมากไม่สามารถตรวจพบได้ด้วยเครื่อง AAS

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

4.5.1.2 การสะสมแคดเมียมในส่วนรากของหญ้าแฝก

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีตามระยะเวลาการปลูก (ตารางที่ 4.24) พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในรากหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 50 100 150 และ 200 mgCd/kgดิน ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในใบหญ้าแฝกตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (ตารางที่ 4.24) พบว่าทุกระยะเวลาการปลูกความเข้มข้นเฉลี่ยของ

แคดเมียมในรากหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 200 mgCd/kgดิน ที่ระยะการปลูก 45 วัน มีค่ามากที่สุด คือ 1295.86 mg/kgน้ำหนักแห้ง ขณะที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 50 mgCd/kgดิน ที่ระยะการปลูก 15 วัน ถือได้ว่า มีค่าน้อยที่สุด คือ 159.74 mg/kgน้ำหนักแห้ง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 100 mgCd/kgดิน (ตารางที่ 4.24) พบว่า ที่ระยะการปลูก 30 45 60 75 และ 90 วัน การเติม EDTA ส่งผลให้ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่ที่ระยะการปลูก 15 วันกลับพบว่า การเติม EDTA ไม่ส่งผลให้เกิดความต่างทางสถิติของความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี แต่พบว่ามีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.24 ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมที่พบในส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี

ความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (mgCd/kg)	**ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมที่พบในรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (mg/kg)**					
	15 วัน	**30 วัน**	**45 วัน**	**60 วัน**	**75 วัน**	**90 วัน**
0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
50	159.74^{Cb} ±15.66	278.66^{Ea} ±51.38	351.87^{Ea} ±48.27	275.88^{Da} ±52.82	313.24^{Ca} ±60.60	373.76^{Ca} ±72.24
100	384.85^{Bc} ±75.10	511.56^{Cb} ±39.88	696.27^{Ca} ±72.04	557.41^{Bb} ±33.28	518.34^{Bb} ±37.42	560.92^{Bb} ±37.04
150	517.41^{Bc} ±74.54	636.71^{Bbc} ±44.43	892.90^{Ba} ±67.34	655.72^{Bbc} ±110.29	526.50^{Bc} ±77.53	726.93^{Aab} ±125.53
200	1088.28^{Ab} ±159.85	985.26^{Abc} ±52.50	1295.86^{Aa} ±36.17	859.15^{Acd} ±41.25	734.89^{Ad} ±71.28	797.48^{Ad} ±79.34
100 (Non EDTA)	359.79^{Bb} ±59.21	376.62^{Dab} ±31.24	466.18^{Da} ±41.46	450.55^{Ca} ±26.19	404.23^{Cab} ±58.06	413.96^{Cab} ±26.43

หมายเหตุ : N.D. หมายถึง มีปริมาณน้อยมากไม่สามารถตรวจพบได้ด้วยเครื่อง AAS

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ตามระยะเวลาการปลูก (ตารางที่ 4.25) พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 50 และ 100 mgCd/kgดิน ตามลำดับ ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในรากของหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 150 และ 200 mgCd/kgดิน กลับพบว่าไม่มีความต่างทางสถิติของความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น

เมื่อพิจารณาระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (ตารางที่ 4.25) พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในรากของหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินที่เพิ่ม

สูงขึ้นที่ทุกระยะเวลาการปลูกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 200 mgCd/kgดิน ที่ระยะการปลูก 15 วัน มีค่ามากที่สุดคือ 742.34 mg/kgน้ำหนักแห้ง และที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 50 mgCd/kgดิน ที่ระยะการปลูก 15 วัน ถือได้ว่ามีค่าน้อยที่สุด คือ 126.64 mg/kgน้ำหนักแห้ง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 100 mgCd/kgดิน (ตารางที่ 4.25) พบว่าการเติม EDTA ส่งผลให้ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ที่ระยะเวลาการปลูก 45 60 75 และ 90 วัน ยกเว้นที่ระยะเวลาการปลูก 15 และ 30 วัน กลับพบว่าการเติม EDTA ไม่ส่งผลให้เกิดความต่างทางสถิติของความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์แต่มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

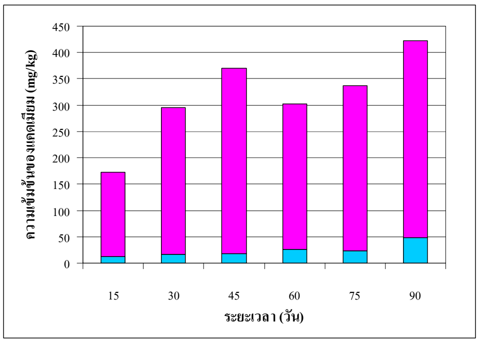
ตารางที่ 4.25 ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมที่พบในรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

ความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (mgCd/Kg)	**ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมที่พบในรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (mg/kg)**					
	15 วัน	**30 วัน**	**45 วัน**	**60 วัน**	**75 วัน**	**90 วัน**
0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
50	126.64^{CDd} ±24.40	192.23^{Dc} ±14.54	265.19^{Db} ±37.30	222.67^{Cbc} ±21.89	232.62^{Dbc} ±44.28	347.38^{Ba} ±34.76
100	310.33^{Cb} ±49.41	279.64^{Cb} ±7.41	364.27^{Cb} ±50.70	508.23^{Ba} ±12.93	483.62^{Ba} ±62.27	513.50^{Aa} ±65.82
150	524.89^{Ba} ±87.42	468.74^{Ba} ±14.54	539.91^{Ba} ±85.99	560.49^{Ba} ±100.24	431.90^{BCa} ±43.53	550.70^{Aa} ±59.72
200	742.34^{Aa} ±205.58	625.39^{Aa} ±123.93	705.72^{Aa} ±44.67	726.89^{Aa} ±149.45	628.75^{Aa} ±80.53	579.96^{Aa} ±10.31
100 (Non EDTA)	205.05^{Cd} ±44.81	244.59^{Ccd} ±36.92	274.51^{Dbc} ±24.64	333.14^{Cab} ±28.70	382.07^{Ca} ±24.79	379.52^{Ba} ±37.94

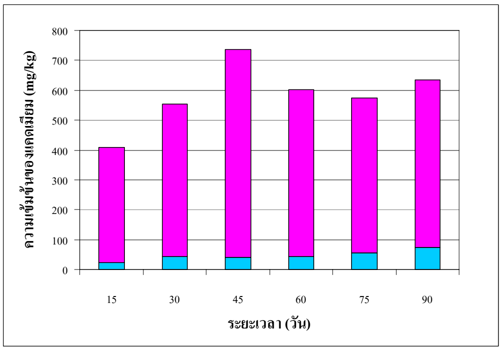
หมายเหตุ : N.D. หมายถึง มีปริมาณน้อยมากไม่สามารถตรวจพบได้ด้วยเครื่อง AAS

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

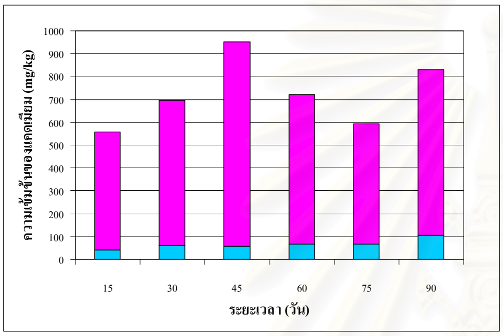
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



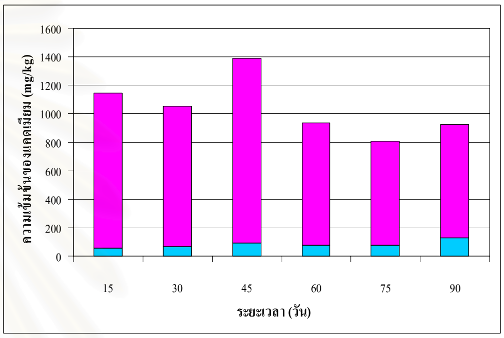
1) 50 mgCd/kgดิน



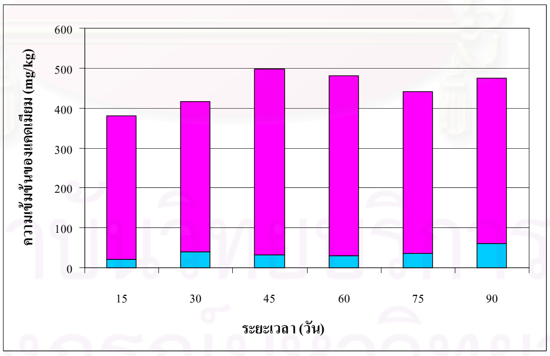
2) 100 mgCd/kgดิน



3) 150 mgCd/kgดิน



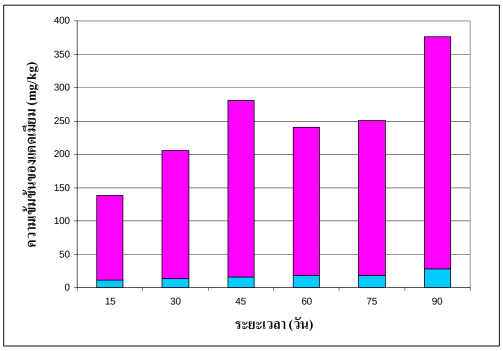
4) 200 mgCd/kgดิน



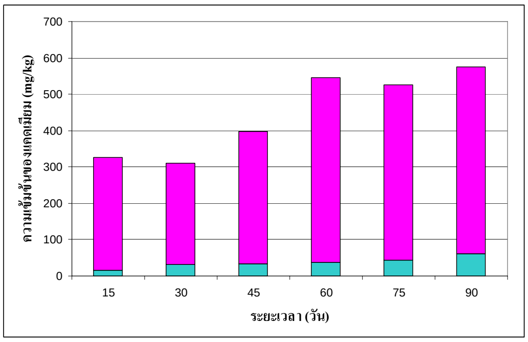
5) 100 mgCd/kgดิน (Non EDTA)

ส่วนใบ ส่วนราก

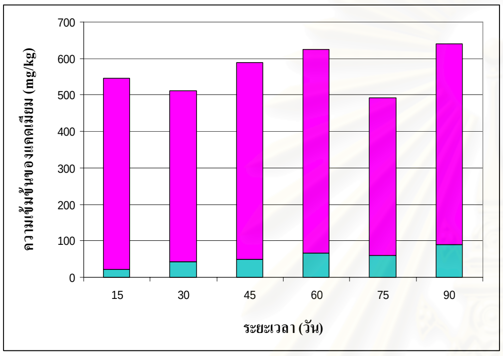
รูปที่ 4.1 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของแคดเมียมที่พบในใบและในรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี จำแนกตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน : 50 100 150 และ 200 mgCd/kgดิน และ 100 mgCd/kgดิน (Non EDTA)



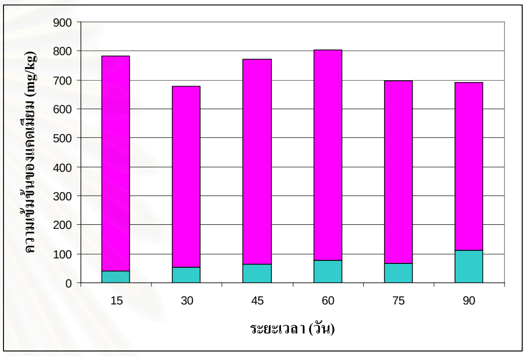
1) 50 mgCd/kgดิน



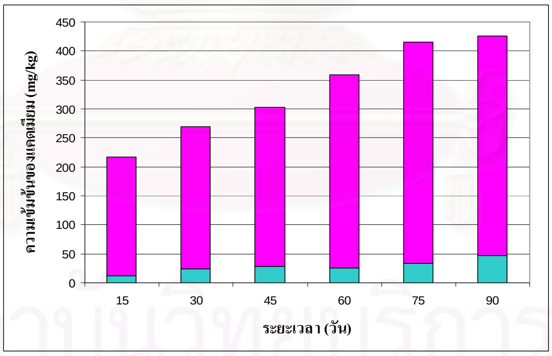
2) 100 mgCd/kgดิน



3) 150 mgCd/kgดิน



4) 200 mgCd/kgดิน



5) 100 mgCd/kgดิน (Non EDTA)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนใบ ส่วนราก

รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของแคดเมียมที่พบในใบและในรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ จำแนกตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน : 50 100 150 และ 200 mgCd/kgดิน และ 100 mgCd/kgดิน (Non EDTA)

4.5.2 การสะสมสังกะสีในส่วนต่าง ๆ หญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์

ในการศึกษาการสะสมสังกะสีของหญ้าแฝก โดยเก็บตัวอย่างหญ้าแฝกมาแยกเป็นส่วนต่าง ๆ คือ ใบ และ ราก แล้วนำมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสังกะสีในแต่ละส่วน โดยคำนวณเป็นหน่วยความเข้มข้นในหน่วย mgZn/kgน้ำหนักแห้ง พบว่าหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในส่วนใบน้อยกว่าในส่วนราก

4.5.2.1 การสะสมสังกะสีในส่วนใบของหญ้าแฝก

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่มีสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ นั้นพบว่า มีหญ้าแฝกตายในวันแรกที่มีการเติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 1,000 1,500 และ 2,000 mgZn/kgดิน ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในใบหญ้าแฝกที่รอดจากการทดลองที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 และ 500 mgZn/kgดิน พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในใบของหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นสูงขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.26 ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในใบหญ้าแฝกจะอยู่ในช่วง 2.63 - 259.72 mg/kgน้ำหนักแห้ง ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในใบหญ้าแฝกที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 และ 500 mgZn/kgดิน มีค่าเท่ากับ 3.85 และ 259.72 mg/kgน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดยที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน มีค่ามากที่สุด

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีตามระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (ตารางที่ 4.26) พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในใบหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดินที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % โดยที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดินในดิน 500 mgZn/kgดิน ที่ระยะการปลูก 90 วัน มีค่ามากที่สุด คือ 259.72 mg/kgน้ำหนักแห้ง และที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 mgZn/kgดิน ที่ระยะการปลูก 75 วัน ถือได้ว่า มีค่าน้อยที่สุด คือ 2.35 mg/kgน้ำหนักแห้ง ซึ่งการที่หญ้าแฝกสามารถดูดดึงสังกะสีได้มากขึ้นเมื่อระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดินที่เพิ่มมากขึ้น อาจเนื่องมาจากปริมาณของสังกะสีที่สะสมในใบหญ้าแฝกยังไม่มากพอที่จะเป็นอันตรายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก จึงสรุปได้ว่าหญ้าแฝกมีศักยภาพสูงในการใช้เป็นพืชในการบำบัดดินที่ปนเปื้อนด้วยเทคโนโลยีการบำบัดแบบ Phytoremediation ได้

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 500 mgZn/kgดิน (ตารางที่ 4.26) พบว่า กระถางที่มีการเติม EDTA ส่งผลให้ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในใบหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมากกว่ากระถางที่ไม่มีการเติม EDTA ทุกระยะเวลาการปลูกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4.26 ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในใบหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (mgZn/kg)	**ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในใบหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (mg/kg)**					
	15 วัน	**30 วัน**	**45 วัน**	**60 วัน**	**75 วัน**	**90 วัน**
0	2.63^{Cbc} ±0.43	2.95^{Cbc} ±0.42	3.19^{Ab} ±0.40	2.50^{Cbc} ±0.26	2.35^{Cc} ±0.25	3.85^{Ca} ±0.21
500	105.88^{Ac} ±5.82	128.59^{Ac} ±8.40	175.52^{Ab} ±10.24	241.24^{Aa} ±14.13	255.31^{Aa} ±31.76	259.72^{Aa} ±4.50
500 (Non EDTA)	62.99^{Be} ±11.20	88.49^{Bd} ±7.66	132.54^{Bc} ±8.73	167.31^{Bb} ±11.74	183.05^{Bab} ±16.10	191.91^{Ba} ±19.89

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ในกระถางที่มีสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ นั้นพบว่า มีหญ้าแฝกตายในระหว่างการทดลองที่ความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 1,000 1,500 และ2,000 mgZn/kg ดิน ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของสังกะสีในใบหญ้าแฝกที่รอดจากการทดลองที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 และ 500 mgZn/kgดิน พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในใบของหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.27 ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในใบหญ้าแฝกจะอยู่ในช่วง 2.04-201.04 mg/kgน้ำหนักแห้ง โดยที่ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในใบหญ้าแฝกที่มีค่ามากที่สุดที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน ที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน และค่าต่ำสุดอยู่ที่ระยะเวลาการปลูก 60 วัน ที่กระถางควบคุม (0 mgZn/kgดิน)

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ตามระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (ตารางที่ 4.27) พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในใบหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสังกะสีในดินที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยที่ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน ที่ระยะการปลูก 90 วัน มีค่ามากที่สุด คือ 201.04 mg/kgน้ำหนักแห้ง และในกระถางควบคุม (0 mgZn/kgดิน) ที่ระยะการปลูก 60 วัน ถือได้ว่า มีค่าน้อยที่สุด คือ 2.04 mg/kgน้ำหนักแห้ง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 500 mgZn/kgดิน (ตารางที่ 4.27) พบว่า กระถางที่มีการเติม EDTA มีความเข้มข้นของสังกะสีในใบหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มากกว่ากระถางที่ไม่มีการเติม EDTA ทุกระยะการปลูกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4.27 ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในใบหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (mgZn/kg)	**ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในใบหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (mg/kg)**					
	15 วัน	**30 วัน**	**45 วัน**	**60 วัน**	**75 วัน**	**90 วัน**
0	2.08^{Cb} ±0.28	2.27^{Cab} ±0.20	2.60^{Ca} ±0.27	2.04^{Cb} ±0.97	2.09^{Cb} ±0.24	2.07^{Cb} ±0.21
500	100.46^{Ac} ±16.00	104.63^{Ac} ^{c}±13.03	121.91^{Ac} ±14.98	173.33^{Ab} ±19.26	196.85^{Aab} ±6.95	201.04^{Aa} ±10.88
500 (Non EDTA)	44.29^{Bd} ±6.76	67.57^{Bcd} ±11.59	90.47^{Bbc} ±9.38	113.47^{Bab} ±17.37	124.24^{Ba} ±18.49	135.43^{Ba} ±11.01

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การที่ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมและสังกะสีในใบหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น เนื่องจากปริมาณแคดเมียมและสังกะสีที่พบในใบเพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่มากกว่าค่าน้ำหนักแห้งของใบที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมและสังกะสีในใบเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ระดับความเข้มข้นของโลหะหนักในใบ (mg/kg)} = \frac{\text{ปริมาณโลหะหนักที่พบในใบ (mg)}}{\text{น้ำหนักแห้งของใบ (kg)}}$$

เมื่อเปรียบเทียบการสะสมแคดเมียมและสังกะสีในใบระหว่างหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์พบว่า โดยส่วนใหญ่หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมและสังกะสีในใบมากกว่ากลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าชนิดของพืชที่แตกต่างกันก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การดูดดึงโลหะหนักได้แตกต่างกันด้วย (Alloway, 1997; Baker และ Senft, 1997)

4.5.2.2 การสะสมสังกะสีในส่วนรากของหญ้าแฝก

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่รอดจากการทดลองตามระยะเวลาการปลูกที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 และ 500 mgZn/kgดิน พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดินนั้น ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในรากหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.28 ในทางกลับกันในกระถางควบคุม (0 mgZn/kgดิน) ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในรากหญ้าแฝกลดลงตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในรากหญ้าแฝกจะอยู่ในช่วง 17.17-1391.42 mg/kgน้ำหนักแห้ง โดยที่ความเข้มข้นของสังกะสีในใบหญ้าแฝกที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน ที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน มีค่ามากที่สุด และค่าต่ำสุดอยู่ที่กระถางควบคุม (0 mgZn/kgดิน) ที่ระยะเวลาการปลูก 90 วันเช่นกัน

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีตามระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (ตารางที่ 4.28) พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในรากหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในดินที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยที่ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน ที่ระยะการปลูก 90 วัน

มีค่ามากที่สุด คือ 1391.42mg/kgน้ำหนักแห้ง และที่กระถางควบคุม (0 mgZn/kgดิน) ที่ระยะการปลูก 90 วัน ถือได้ว่า มีค่าน้อยที่สุด คือ 17.17 mg/kgน้ำหนักแห้ง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 500 mgZn/kgดิน (ตารางที่ 4.28) พบว่ากระถางทีมีการเติม EDTA มีความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมากกว่ากระถางที่ไมมีการเติม EDTA ทุกระยะเวลาการปลูกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4.28 ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (mgZn/kg)	ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในรากหญ้าแฝก กลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (mg/kg)					
	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน	90 วัน
0	25.36^{Cab} ±3.50	28.68^{Ca} ±3.45	26.65^{Cab} ±5.29	27.47^{Cab} ±3.28	23.14^{Cb} ±2.55	17.17^{Cc} ±2.36
500	1015.49^{Ac} ±70.90	1007.24^{Ac} ±38.13	1199.42^{Ab} ±91.70	1190.27^{Ab} ±87.26	1266.39^{Aab} ±89.25	1391.42^{Aa} ±80.63
500 (Non EDTA)	757.44^{Bc} ±39.72	841.24^{Bbc} ±80.43	924.05^{Babc} ±45.43	1003.28^{Bab} ±16.18	974.17^{Bab} ±157.63	1040.83^{Ba} ±95.63

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธ์ประจวบคีรีขันธ์ที่รอดจากการทดลองตามระยะเวลาการปลูกที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 และ 500 mgZn/kgดิน พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดินนั้น ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในรากหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.29 ในทางกลับกันในกระถางควบคุม (0 mgZn/kgดิน) ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในรากหญ้าแฝกกลับลดลงตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในรากหญ้าแฝกจะอยู่ในช่วง 17.74 - 1131.39 mg/kg น้ำหนักแห้ง โดยที่ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในใบหญ้าแฝกที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน มีค่า

มากที่สุดที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน และค่าต่ำสุดอยู่ที่กระถางควบคุม (0 mgZn/kgดิน) ที่ระยะเวลาการปลูก 90 วันเช่นกัน

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ตามระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (ตารางที่ 4.29) พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในรากหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีในดินที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน ที่ระยะการปลูก 90 วันมีค่ามากที่สุด คือ 1131.39 mg/kgน้ำหนักแห้ง และที่กระถางควบคุม (0 mgZn/kgดิน) ที่ระยะการปลูก 90 วัน ถือได้ว่า มีค่าน้อยที่สุด คือ 17.74 mg/kgน้ำหนักแห้ง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 500 mgZn/kgดิน (ตารางที่ 4.29) พบว่า กระถางที่เติม EDTA มีความเข้มข้นของสังกะสีในรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มากกว่ากระถางที่ไม่มีการเติม EDTA ที่ทุกระยะเวลาการปลูกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

ตารางที่ 4.29 ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (mgZn/kg)	**ความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสีในรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (mg/kg)**					
	15 วัน	**30 วัน**	**45 วัน**	**60 วัน**	**75 วัน**	**90 วัน**
0	19.16^{Cbc} ±3.06	24.21^{Ca} ±1.02	22.77^{Cab} ±2.63	21.69^{Cab} ±1.21	20.75^{Cabc} ±1.91	17.74^{Bc} ±2.11
500	836.11^{Ab} ±73.11	908.68^{Aab} ±75.16	949.06^{Aab} ±110.78	970.78^{Aab} ±127.94	1034.74^{Aab} ±36.78	1131.39^{Aa} ±183.45
500 (Non EDTA)	592.00^{Bc} ±60.44	633.34^{Bbc} ±83.88	656.01^{Bbc} ±75.47	716.04^{Babc} ±35.56	755.23^{Bab} ±43.47	802.72^{Aa} ±97.98

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

การที่ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมและสังกะสีในรากหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น เนื่องจากปริมาณแคดเมียมและสังกะสีที่พบในรากเพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่มากกว่าค่าน้ำหนักแห้งของรากที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมและสังกะสีในรากเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นจากสมการต่อไปนี้

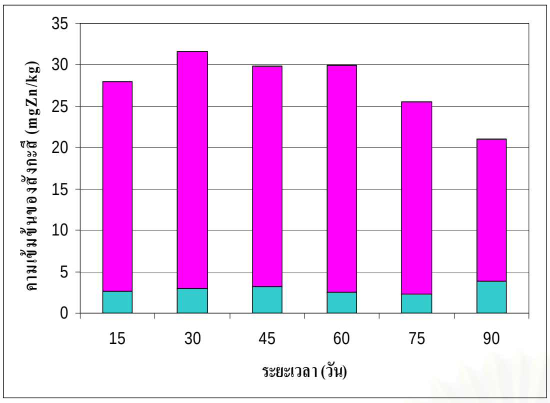
$$\text{ระดับความเข้มข้นของโลหะหนักในใบ (mg/kg)} = \frac{\text{ปริมาณโลหะหนักที่พบในราก (mg)}}{\text{น้ำหนักแห้งของราก (kg)}}$$

เมื่อเปรียบเทียบการสะสมแคดเมียมและสังกะสีในรากระหว่างหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ พบว่าโดยส่วนใหญ่หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมและสังกะสีในรากมากกว่ากลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ทั้งนี้เนื่องมาจากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีระบบรากเป็นรากฝอยที่มีขนาดเล็กกว่า แผ่กระจายเป็นแนวกว้างและหยั่งลึกกว่ารากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ซึ่งมีระบบรากเป็นรากฝอยขนาดใหญ่ สั้น และหยั่งลึกน้อยกว่า (วีระชัย, 2536; กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) โอกาสที่รากจะสามารถชอนไชไปในดินเพื่อสัมผัสและดูดดึงสังกะสี ในดินย่อมมีมากกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

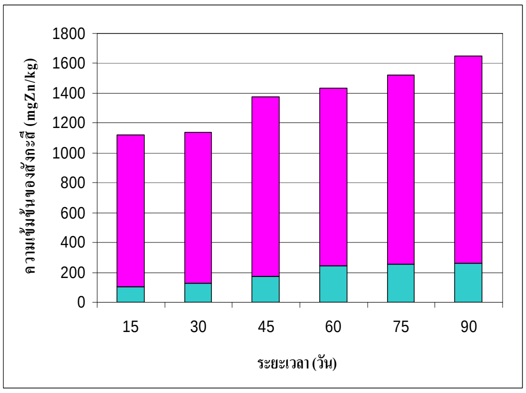
เมื่อเปรียบเทียบการสะสมแคดเมียมและสังกะสีในส่วนใบและส่วนรากของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ (รูปที่ 4.1 4.2 4.3 และ 4.4) แสดงให้เห็นว่าส่วนรากหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์สามารถสะสมแคดเมียมและสังกะสีได้ดีกว่าส่วนใบ ทั้งนี้เนื่องจากรากเป็นส่วนที่สัมผัสกับดินและดูดดึงแคดเมียมและสังกะสีได้โดยตรง พร้อมทั้งรากยังมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง จึงเกิดการเคลื่อนย้ายอิออนจากภายนอกเข้าสู่พืชโดยผ่านทางราก (Kadlec และ Knight, 1996) แต่การสะสมแคดเมียมและสังกะสีในใบนั้นต้องผ่านกระบวนการลำเลียงจากรากไปสู่ยอด อีกทั้งแคดเมียมเป็นธาตุที่ง่ายต่อการดูดดึงผ่านทางรากได้อย่างดียิ่ง แม้ว่าจะมิใช่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชก็ตาม (Schroeder และ Balassa, 1963) เช่นเดียวกับการศึกษาของ อนุรักษ์ (2544) ที่พบว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่อายุ 120 วัน ปลูกในดินหางแร่สังกะสี 50% มีสังกะสีในส่วนต้นเพียง 315 mg/kg และในส่วนรากถึง 1,499 mg/kg ส่วนในดินหางแร่ 100 % มีสังกะสีในส่วนต้น 822 mg/kg และในส่วนรากถึง 2,566 mg/kg ตามลำดับ ขณะที่ ธนสรรค์ (2544) ได้ศึกษาถึงการกระจายตัวของความเข้มข้นของโลหะหนักในต้นและรากในหญ้าแฝก พบว่าหญ้าแฝกที่รดด้วยน้ำเสียอุตสาหกรรมมีสัดส่วนของความเข้มข้นของตะกั่ว สังกะสี ทองแดง นิกเกิล และโครเมียมจะอยู่ในส่วนรากมากกว่าในส่วนลำต้น

ในการเปรียบเทียบการสะสมแคดเมียมและสังกะสีในส่วนใบและส่วนรากของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ (รูปที่ 4.1 - 4.4) ระหว่างกระถางที่มีการเติม EDTA และไม่มีการเติม EDTA จากผลการศึกษาทำให้ทราบถึงอิทธิพลของ EDTA ที่มีต่อการดูดดึงแคดเมียมและสังกะสีของหญ้าแฝก กล่าวคือ EDTA สามารถเพิ่มอัตราการดูดดึงแคดเมียมและสังกะสีให้มากขึ้น เนื่องจาก EDTA เป็นสารจำพวกคีเลตซึ่งสารเหล่านี้จะเป็นสารที่ให้อิออนของโลหะหรือจุลธาตุเหล่านี้ยึดเกาะเกิดเป็นสารประกอบคีเลตทำให้เกิดการละลายของโลหะได้ดี (ศุภมาศ, 2545) หรือสามารถรวมตัวกับจุลธาตุเป็นสารประกอบคีเลตและจะปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชได้ทีละน้อย ซึ่งไอออนของโลหะส่วนใหญ่มักจะอยู่รวมตัวกับคีเลต (สมบุญ, 2544) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen และCutright (2001)ที่ศึกษาความสามารถของการสังเคราะห์คีเลตเพื่อเพิ่มการดูดดึงแคดเมียม โครเมียม และ นิกเกิลในดินที่ปนเปื้อนโดยใช้ต้นทานตะวัน (*Helianthus annuus*) จากการศึกษาพบว่า EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 g/kg ช่วยเพิ่มระดับความเข้มข้นของแคดเมียมและนิกเกิล จาก 34 และ 15 mg/kg เป็น 115 และ 117 mg/kg ตามลำดับ

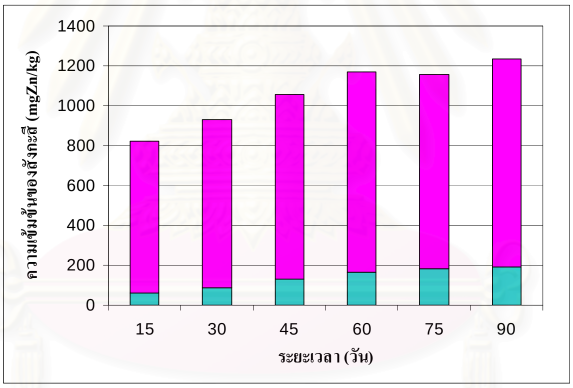
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



1) 0 mgZn/kgดิน



2) 500 mgZn/kgดิน

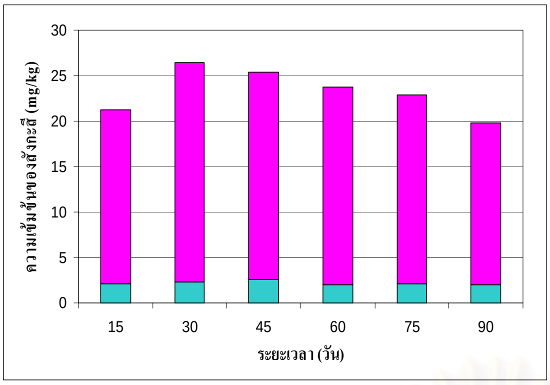


3) 500 mgZn/kg ดิน (Non EDTA)

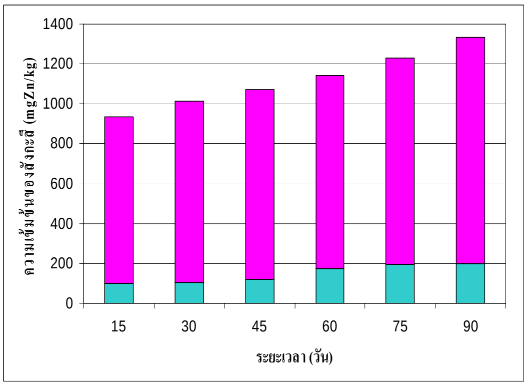
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนใบ ส่วนราก

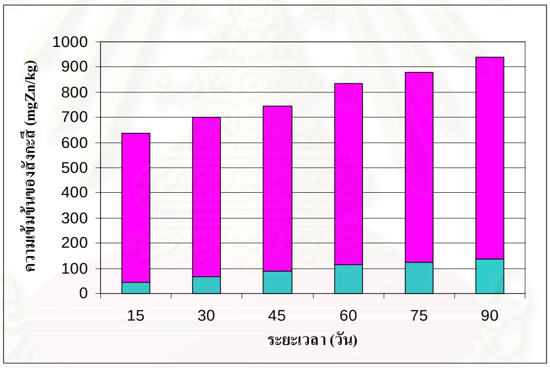
รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสังกะสีที่พบในใบและในรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี จำแนกตามระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน : 0 500 mgZn/kgดิน และ 500 mgZn/kgดิน (Non EDTA)



1) 0 mgZn/kgดิน



2) 500 mgZn/kgดิน



3) 500 mgZn/kg ดิน (Non EDTA)

ส่วนใบ ส่วนราก

รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสังกะสีที่พบในใบและในรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ จำแนกตามระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน: 0 500 mgZn/kgดิน และ 500 mgZn/kgดิน (Non EDTA)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6 ประสิทธิภาพการดูดดึงโลหะหนักจากดินของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์

ในการศึกษาประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมและสังกะสีของหญ้าแฝก คำนวณจากปริมาณแคดเมียมและสังกะสีทั้งหมดที่สะสมอยู่ในหญ้าแฝกทั้งต้น โดยคิดเป็นร้อยละของปริมาณแคดเมียมและสังกะสีที่ใส่ลงในดินแต่ละกระถางดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมหรือสังกะสี (\%)} = \frac{\text{ปริมาณแคดเมียมหรือสังกะสีที่พบในหญ้าแฝก (mg)}}{\text{ปริมาณแคดเมียมหรือสังกะสีที่ใส่ลงในดิน (mg)}} \times 100$$

4.6.1 ประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมจากดินของหญ้าแฝก

การศึกษาประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี ซึ่งปลูกในกระถางที่มีความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 4 ระดับคือ 50 100 150 และ 200 mgCd/kgดิน และทำการศึกษาที่ระยะเวลา 15 30 45 60 75 และ 90 วัน พบว่าประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมออกจากดินมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.30 โดยที่ทุกระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน ค่าสูงสุดอยู่ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 50 mgCd/kgดิน เท่ากับร้อยละ 4.63 ของปริมาณแคดเมียมในดินทั้งหมด

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (ตารางที่ 4.30) พบว่าประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมออกจากดินมีค่าลดลงตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ยกเว้นที่ระยะเวลาการปลูก 15 วัน พบว่ามีแนวโน้มที่ลดลงตามความเข้มข้นของแคดเมียมที่มากขึ้นเช่นกันแต่มีค่าที่ใกล้เคียงกันมากจนไม่ก่อให้เกิดความต่างทางสถิติ

เมื่อพิจารณาระหว่างการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 100 mgCd/kgดิน (ตารางที่ 4.30) พบว่า กระถางที่มีการเติม EDTA มีประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมจากดินของหญ้าแฝกมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ยกเว้นที่ระยะเวลาการปลูก 15 วันที่มีค่าใกล้เคียงกันมากจนไม่เกิดความต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.30 ประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี

ความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (mgCd/kg)	**ประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (%)**					
	15 วัน	**30 วัน**	**45 วัน**	**60 วัน**	**75 วัน**	**90 วัน**
50	0.761^{Ae} ±0.05	1.16^{Ade} ±0.07	1.55^{Acd} ±0.04	2.05^{Abc} ±0.25	2.86^{Ab} ±0.44	4.63^{Aa} ±0.37
100	0.78^{Af} ±0.26	1.06^{ABef} ±0.23	1.46^{Ad} ±0.07	1.89^{Ac} ±0.20	2.34^{Ab} ±0.41	3.22^{Ba} ±0.17
150	0.68^{Ad} ±0.97	0.84^{Cd} ±0.08	1.18^{Bc} ±0.16	1.49^{Bb} ±0.06	1.64^{Bb} ±0.23	2.37^{Ca} ±0.13
200	0.69^{Ae} ±0.12	0.86^{BCde} ±0.21	1.08^{Bcd} ±0.10	1.28^{Bb} $\pm^{c}$0.20	1.42^{Bb} ±0.11	2.02^{Ca} ±0.12
100 (Non EDTA)	0.68^{Ae} ±0.09	0.81^{Ce} ±0.08	1.09^{Bd} ±0.04	1.52^{Bc} ±0.16	1.75^{Bb} ±0.07	2.35^{Ca} ±0.08

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

การศึกษาประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งปลูกในกระถางที่มีความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 4 ระดับคือ 50 100 150 และ 200 mgCd/kgดิน และทำการศึกษาที่ระยะเวลา 15 30 45 60 75 และ 90 วัน พบว่าประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมออกจากดินมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.31 โดยที่ทุกระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน ค่าสูงสุดอยู่ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 50 mgCd/kgดิน เท่ากับร้อยละ 4.10 ของปริมาณแคดเมียมในดินทั้งหมด ส่วนค่าประสิทธิภาพต่ำสุดอยู่ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน100 mgCd/kgดิน ที่ระยะเวลาการปลูก 15 วันเท่ากับร้อยละ 0.56 ของปริมาณแคดเมียมในดินทั้งหมด

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (ตารางที่ 4.31) พบว่าประสิทธิภาพ

การดูดดึงแคดเมียมออกจากดินมีค่าลดลงตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ยกเว้นที่ระยะเวลาการปลูก 15 และ 30 วัน พบว่ามีแนวโน้มที่ลดลงตามความเข้มข้นของแคดเมียมที่มากขึ้นเช่นกัน แต่มีค่าที่ใกล้เคียงกันมากจนไม่เกิดความต่างทางสถิติ

เมื่อพิจารณาระหว่างการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 100 mgCd/kgดิน (ตารางที่ 4.31) พบว่าประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ในกระถางที่มีการเติม EDTA มีค่ามากกว่ากระถางที่ไม่มีการเติม EDTA ทุกระยะเวลาการปลูกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ยกเว้นที่ระยะเวลาการปลูก 30 วัน ที่ค่าใกล้เคียงกันจนไม่ก่อให้เกิดความต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.31 ประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

ความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน (mgCd/kg)	ประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (%)					
	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน	90 วัน
50	0.63^{Ae} ±0.10	0.89^{Ae} ±0.07	1.34^{Ad} ±0.18	1.73^{Ac} ±0.36	2.38^{Ab} ±0.10	4.10^{Aa} ±0.36
100	0.56^{Af} ±0.02	0.83^{Ae} ±0.06	1.17^{Bd} ±0.04	1.75^{Ac} ±0.05	2.13^{Bb} ±0.06	3.29^{Ba} ±0.21
150	0.59^{Af} ±0.17	0.88^{Ae} ±0.06	1.06^{BCd} ±0.04	1.29^{Cc} ±0.03	1.49^{Cb} ±0.05	2.28^{Ca} ±0.07
200	0.60^{Af} ±0.06	0.78^{Ae} ±0.03	0.97^{Cd} ±0.02	1.20^{Cc} ±0.02	1.31^{Db} ±0.04	1.88^{Da} ±0.49
100 (Non EDTA)	0.43^{Bd} ±0.04	0.86^{Ac} ±0.06	0.93^{Cc} ±0.62	1.42^{Bb} ±0.08	1.51^{Cb} ±0.08	2.57^{Ca} ±0.07

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการที่หญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมในดินสูงสุดที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 50 mg/kgดิน ที่ระยะเวลา 90 วัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่หญ้าแฝกมีการปรับตัวต่อระดับความเป็นพิษของแคดเมียมในดินในช่วงแรกทำให้สามารถดูดดึงได้ในปริมาณน้อยแต่หลังจากระยะเวลาการปลูกนานขึ้นหญ้าแฝกสามารถปรับตัวได้ดีต่อสภาวะที่เป็นพิษของแคดเมียมจึงทำให้ประสิทธิภาพการดูดดึงมากขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.5 และ 4.6 และจากการที่หญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมในดินลดลงตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินที่เพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากการปริมาณแคดเมียมทั้งหมดที่สะสมในต้นหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนที่น้อยกว่าปริมาณแคดเมียมในดินที่เพิ่มขึ้นถึงแม้ว่าปริมาณแคดเมียมทั้งหมดที่สะสมในต้นหญ้าแฝกจะสูงเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินที่เพิ่มสูงขึ้นก็ตาม

เมื่อนำค่าประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมจากดินของหญ้าแฝกระหว่างสองกลุ่มพันธุ์มาเปรียบเทียบกัน พบว่าโดยส่วนใหญ่ประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีค่าสูงกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์เล็กน้อย (ประมาณ 0.63-0.96 เท่า) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีการแตกกอมากกว่า (จำนวนต้นต่อกอมากกว่า) ทำให้มีศักยภาพในการดูดดึงแคดเมียมออกจากดินได้ในปริมาณที่มากกว่า ในทางกลับกันหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ซึ่งมีความสูงมากกว่าแต่กลับไม่สามารถดูดดึงแคดเมียมได้มากกว่ากลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี จึงทำให้สรุปได้ว่าศักยภาพในการดูดดึงแคดเมียมจากดินของหญ้าขึ้นอยู่กับการเพิ่มจำนวนต้นต่อกอมากกว่าการเพิ่มความสูงของหญ้าแฝก และจากผลการเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ในหัวข้อ 4.4.3.3 ซึ่งพบว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธ์ประจวบคีรีขันธ์มีน้ำหนักแห้งมากกว่ากลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี จึงสรุปได้เช่นกันว่า หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีประสิทธิภาพในการดูดดึงแคดเมียมจากดินได้ดีกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ทั้ง ๆ ที่มีน้ำหนักแห้งน้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของดุษลักษณ์ (2543) ซึ่งทำการศึกษาการดูดดึงสารหนูของหญ้าแฝก พบว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีประสิทธิภาพในการดูดดึงสารหนูได้ดีกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์เช่นกัน

4.6.2 ประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีจากดินของหญ้าแฝก

การศึกษาประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี ซึ่งปลูกในกระถางที่มีความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 2 ระดับคือ 0 และ 500 mgZn/kgดิน และทำการศึกษาที่ระยะเวลา 15 30 45 60 75 และ 90 วัน พบว่าประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีออก

จากดินมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.32 โดยที่ทุกระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดินมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน ค่าสูงสุดอยู่ที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน เท่ากับร้อยละ 1.016 ของปริมาณสังกะสีในดินทั้งหมด ส่วนค่าประสิทธิภาพต่ำสุดอยู่ที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 mgZn/kgดิน ที่ระยะเวลาการปลูก 15 วัน เท่ากับร้อยละ 0.078 ของปริมาณสังกะสีในดินทั้งหมด

เมื่อพิจารณาระหว่างการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 500 mgZn/kgดิน (ตารางที่ 4.32) พบว่า ประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีจากดินของหญ้าแฝกในกระถางที่มีการเติม EDTA มีค่ามากกว่ากระถางที่ไม่มีการเติม EDTA ทุกระยะเวลาการปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4.32 ประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี

ความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (mgZn/kg)	**ประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (%)**					
	15 วัน	**30 วัน**	**45 วัน**	**60 วัน**	**75 วัน**	**90 วัน**
0	0.08^{Cd} ±0.16	0.08^{Cd} ±0.01	0.09^{Cd} ±0.02	0.12^{Bc} ±0.01	0.14^{Cb} ±0.01	0.16^{Ca} ±0.14
500	0.44^{Ae} ±0.003	0.57^{Ad} ±0.05	0.73^{Ac} ±0.07	0.71^{Ac} ±0.09	0.86^{Ab} ±0.04	1.02^{Aa} ±0.01
500 (Non EDTA)	0.35^{Bf} ±0.02	0.44^{Be} ±0.01	0.55^{Bd} ±0.02	0.67^{Ac} ±0.02	0.74^{Bb} ±0.02	0.82^{Ba} ±0.03

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

การศึกษาประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ซึ่งปลูกในกระถางที่มีความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 2 ระดับคือ 0 และ 500 mgZn/kgดิน และทำการศึกษาที่ระยะเวลา 15 30 45 60 75 และ 90 วัน พบว่า ประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีออกจากดินมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 4.33 โดยที่ทุกระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดินมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดอยู่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน ค่าสูงสุดอยู่ที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน เท่ากับร้อยละ 0.905 ของปริมาณสังกะสีในดินทั้งหมด ส่วนค่าประสิทธิภาพต่ำสุดอยู่ที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 mgZn/kgดิน ที่ระยะเวลาการปลูก 15 วัน เท่ากับร้อยละ 0.067 ของปริมาณสังกะสีในดินทั้งหมด

เมื่อพิจารณาระหว่างการเติม EDTA และไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 500 mgZn/kgดิน (ตารางที่ 4.33) พบว่า ประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีจากดินของหญ้าแฝกในกระถางที่มีการเติม EDTA มีค่ามากกว่ากระถางที่ไม่มีการเติม EDTA ทุกระยะเวลาการปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4.33 ประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

ความเข้มข้นของสังกะสีในดิน (mgZn/kg)	ประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่เก็บเกี่ยวตามระยะเวลา (%)					
	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน	90 วัน
0	0.07^{Cd} ±0.01	0.07^{Ccd} ±0.01	0.08^{Bc} ±0.01	0.11^{Cb} ±0.002	0.12^{Cab} ±0.003	0.13^{Ca} ±0.01
500	0.37^{Af} ±0.03	0.47^{Ae} ±0.003	0.56^{Ad} ±0.05	0.64^{Ac} ±0.003	$0.78A^{b}$ ±0.06	0.91^{Aa} ±0.03
500 (Non EDTA)	0.28^{Bf} ±0.01	0.35^{Be} ±0.004	0.49^{Ad} ±0.02	0.56^{Bc} ±0.006	0.64^{Bb} ±0.01	0.73^{Ba} ±0.003

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์และพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแต่ละแถว หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

จากการที่หญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีในดินสูงสุดที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 500 mg/kgดิน ที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน (ตารางที่ 4.32 และ 4.33) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่หญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีการปรับตัวต่อระดับความเป็นพิษของสังกะสีในดินในช่วงแรกทำให้สามารถดูดดึงได้ในปริมาณน้อยแต่หลังจากระยะเวลาการปลูกนานขึ้นหญ้าแฝกสามารถปรับตัวได้ดีต่อสภาวะที่เป็นพิษของสังกะสีจึงทำให้ประสิทธิภาพการดูดดึงดีขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.7 และ 4.8

เมื่อนำค่าประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีจากดินของหญ้าแฝกระหว่างสองกลุ่มพันธุ์มาเปรียบเทียบกัน พบว่าโดยส่วนใหญ่ประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีค่าสูงกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์เล็กน้อย (ประมาณ 0.79-0.93 เท่า) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีการแตกกอมากกว่า (จำนวนต้นต่อกอมากกว่า) ทำให้มีศักยภาพในการดูดดึงสังกะสีออกจากดินได้ในปริมาณที่มากกว่า ในทางกลับกันหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ซึ่งมีความสูงมากกว่าแต่กลับไม่สามารถดูดดึงสังกะสีได้มากกว่ากลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี จึงทำให้สรุปได้ว่าศักยภาพในการดูดดึงสังกะสีจากดินของหญ้าแฝกขึ้นอยู่กับการเพิ่มจำนวนต้นต่อกอมากกว่าการเพิ่มความสูงของหญ้าแฝก และจากผลการเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งทั้งต้นของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ในหัวข้อ 4.4.3.3 ซึ่งพบว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธ์ประจวบคีรีขันธ์มีน้ำหนักแห้งมากกว่ากลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี จึงทำให้สรุปได้เช่นกันว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีประสิทธิภาพในการดูดดึงสังกะสีจากดินได้ดีกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธ์ประจวบคีรีขันธ์ทั้ง ๆ ที่มีน้ำหนักแห้งน้อยกว่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝก

5.1.1.1 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ที่ปลูกในดินที่ปนเปื้อนด้วยแคดเมียม

จากการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ คือ แฝกลุ่มกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีและแฝกดอนกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในดินที่ปนเปื้อนด้วยแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้น 0 50 100 150 และ 200 mgCd/kgดิน โดยทำการศึกษาการแตกกอ ความสูง และน้ำหนักแห้ง เป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีและกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกออยู่ในช่วง 7–22 และ 6–20 ต้นต่อกอ ตามลำดับ ส่วนความสูงเฉลี่ยจะอยู่ในช่วง 65.32–122.27 และ 65.17–132.67 เซนติเมตร ตามลำดับ และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นจะอยู่ในช่วง 16.85-68.59 และ19.34-73.08 กรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ พบว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีความสามารถในด้านการแตกกอ (จำนวนต้นต่อกอ) มากกว่าพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ขณะที่หญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีความสูงและน้ำหนักแห้งมากกว่าพันธุ์สุราษฎร์ธานี

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกระถางที่เติมและไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 100 mgCd/kgดิน พบว่าการเติม EDTA นั้นไม่ได้ส่งผลให้เกิดความทางต่างทางสถิติของทั้งจำนวนต้นต่อกอ ความสูง และน้ำหนักแห้งในหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์

5.1.1.2 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ที่ปลูกในดินที่ปนเปื้อนด้วยสังกะสี

จากการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ คือแฝกลุ่มกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีและแฝกดอนกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในดินที่ปนเปื้อนด้วยสังกะสีที่ระดับ

ความเข้มข้น 0 500 1,000 1,500 และ 2,000 mgZn/kgดิน โดยทำการศึกษาการแตกกอ ความสูง และน้ำหนักแห้ง เป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่ามีหญ้าแฝกตายในวันแรกที่มีการเติมสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดินเท่ากับ 1,000 1,500 และ 2,000 mgZn/kgดิน แต่เมื่อทำการศึกษาหญ้าแฝกที่รอดจากการทดลองที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 0 และ 500 mgZn/kgดิน พบว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีและกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีจำนวนต้นเฉลี่ยต่อกออยู่ในช่วง 6–22 และ 5–19 ต้นต่อกอ ตามลำดับ ส่วนความสูงเฉลี่ยจะอยู่ในช่วง 63.21–118.52 และ 65.03–130.43 เซนติเมตร ตามลำดับ และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยทั้งต้นจะอยู่ในช่วง 28.17 – 69.51 และ 28.44–72.71 กรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ พบว่าหญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีการเจริญเติบโตในด้านจำนวนต้นต่อกอสูงกว่าพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่มีการเจริญเติบโตในด้านการเพิ่มความสูงและน้ำหนักแห้งทั้งต้นสูงกว่าพันธุ์สุราษฎร์ธานีเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกระถางที่เติมและไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 500 mgZn/kgดิน พบว่าการเติม EDTA นั้นไม่ได้ส่งผลให้เกิดความทางต่างทางสถิติของทั้งจำนวนต้นต่อกอ ความสูง และน้ำหนักแห้งในหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์

5.1.2 การสะสมแคดเมียมในส่วนต่าง ๆ ของหญ้าแฝก

จากการศึกษาการสะสมแคดเมียมในส่วนต่าง ๆ ของหญ้าแฝก พบว่าหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีการสะสมแคดเมียมในรากมากกว่าในใบ การสะสมแคดเมียมทั้งในใบและในรากของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นและตามระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดินที่เพิ่มสูงขึ้น และสะสมแคดเมียมไว้ในส่วนรากมากกว่าส่วนใบกับลำต้น โดยพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีการสะสมแคดเมียมทั้งในส่วนรากและส่วนใบกับลำต้นมากกว่าพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ค่าสูงสุดของแคดเมียมในส่วนใบของพันธุ์สุราษฎร์ธานีและพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ เท่ากับ 127.27 mg/kg และ 111.83 mg/kg ตามลำดับ ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 200 mgCd/kgดิน ที่ระยะเวลาการปลูก 90 วันและค่าสูงสุดของแคดเมียมในส่วนรากของพันธุ์สุราษฎร์ธานีและพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ เท่ากับ 1088.28 mg/kg และ 742.34 mg/kg ตามลำดับ ที่ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน200 mgCd/kgดิน ที่ระยะเวลาการปลูก 15 วัน

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกระถางที่เติมและไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 100 mgCd/kgดิน พบว่าการเติม EDTAส่งผลให้เกิดความต่างของความเข้มข้นของแคดเมียมที่ทุกระยะเวลาการปลูก ทั้งในส่วนใบและในส่วนรากของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์

5.1.3 การสะสมสังกะสีในส่วนต่าง ๆ ของหญ้าแฝก

จากการศึกษาการสะสมสังกะสีในส่วนต่าง ๆ ของหญ้าแฝก พบว่าหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีการสะสมสังกะสีในรากมากกว่าในใบ การสะสมสังกะสีทั้งในใบและในรากของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นและตามระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดินที่เพิ่มสูงขึ้น และสะสมสังกะสีไว้ในส่วนรากมากกว่าส่วนใบกับลำต้น โดยพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีการสะสมสังกะสีทั้งในส่วนรากและในส่วนใบกับลำต้นมากกว่าพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ค่าสูงสุดของสังกะสีในส่วนใบของพันธุ์สุราษฎร์ธานีและพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ เท่ากับ 259.72 mg/kg และ 201.04 mg/kg ตามลำดับ ที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน ที่ระยะเวลาการปลูก 90 วันและค่าสูงสุดของสังกะสีในส่วนรากของพันธุ์สุราษฎร์ธานีและพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ เท่ากับ1391.42 mg/kg และ 1131.39 mg/kg ตามลำดับ ที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน ที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกระถางที่เติมและไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 500 mgZn/kgดิน พบว่าการเติม EDTAส่งผลให้เกิดความต่างของความเข้มข้นของแคดเมียมที่ทุกระยะเวลาการปลูก ทั้งในส่วนใบและในส่วนรากของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์

5.1.4 ประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์

ประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น ซึ่งพันธุ์สุราษฎร์ธานีในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 50 mgCd/kgดิน มีค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน เท่ากับร้อยละ 4.63 ของปริมาณแคดเมียมในดินทั้งหมด สำหรับประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมของหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในดิน 50 mgCd/kgดิน มีค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน เท่ากับร้อยละ 4.10 ของปริมาณแคดเมียมในดินทั้งหมด

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกระถางที่เติมและไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 100 mgCd/kgดิน พบว่าการเติม EDTAส่งผลให้เกิดความต่างทางสถิติของประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมในหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์

โดยส่วนใหญ่ประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีค่าสูงกว่ากลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ทั้งนี้เนื่องจากการที่หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีการแตกกอมากกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสในการดูดดึงแคดเมียมได้ดีกว่า ในขณะที่หญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งมีความสูงและน้ำหนักแห้งของทั้งใบและรากมากกว่ากลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีนั้น กลับทำให้เป็นการเพิ่มการเจือจางของแคดเมียมในส่วนต่าง ๆ ของหญ้าแฝก (dilution factor) และจากผลการศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกในด้านการเพิ่มน้ำหนักแห้ง ซึ่งพบว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีน้ำหนักแห้งทั้งต้นน้อยกว่ากลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ แต่กลับมีการดูดดึงแคดเมียมจากดินได้ในเปอร์เซ็นต์ที่สูงกว่า จึงสรุปได้ว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีประสิทธิภาพในการดูดดึงแคดเมียมได้ดีกว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์

5.1.5 ประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์

ประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้น ประสิทธิภาพสูงสุดในการดูดดึงสังกะสีของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีจะอยู่ที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน ที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน เท่ากับร้อยละ 1.02 ของปริมาณสังกะสีในดินทั้งหมด ส่วนประสิทธิภาพสูงสุดในการดูดดึงสังกะสีของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์อยู่ที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีในดิน 500 mgZn/kgดิน ที่ระยะเวลาการปลูก 90 วัน เท่ากับร้อยละ 0.91 ของปริมาณสังกะสีในดินทั้งหมด

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกระถางที่เติมและไม่เติม EDTA ที่ระดับความเข้มข้น 500 mgZn/kgดิน พบว่าการเติม EDTAส่งผลให้เกิดความต่างทางสถิติของประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีในหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์

โดยส่วนใหญ่ประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีค่าสูงกว่ากลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ทั้งนี้เนื่องมาจากทำนองเดียวกันกับการดูดดึงแคดเมียมในดิน โดยหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีสามารถดูดดึงสังกะสีได้มากกว่ากลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ รวมทั้งหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีความสามารถทนต่อความเป็นพิษของสังกะสีได้ไม่เกิน 500 mgZn/kgดิน

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในด้านการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมและสังกะสีจากดินของหญ้าแฝกทั้งสองกลุ่มพันธุ์ ได้พบเห็นสิ่งที่ควรเพิ่มเติมและปรับปรุงในการวิจัยหลายประการ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการศึกษาลักษณะเดียวกันนี้

5.2.1 ควรเพิ่มระยะเวลาการทดลองให้นานกว่านี้ เนื่องจากประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมและสังกะสีออกจากดินของหญ้าแฝกอาจจะคงที่ที่ระยะเวลาที่นานกว่า 90 วัน

5.2.2 ควรทำการศึกษาในด้านการตัดใบหญ้าแฝกด้วย ซึ่งการตัดใบหญ้าแฝกเป็นประจำจะช่วยให้หญ้าแฝกแตกกอได้ดีขึ้น (วิฑูร, 2537) ซึ่งอาจจะช่วยให้ประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมของหญ้าแฝกสูงขึ้นได้

5.2.3 ควรเพิ่มระดับความเข้มข้นของแคดเมียมให้มากขึ้น เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้กำหนดไว้ที่ระดับความเข้มข้น 50 100 150 และ 200 mgCd/kgดิน ซึ่งพบว่าไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก

5.2.4 ควรมีการเพิ่มระดับของ EDTA ให้มีมากขึ้นกว่ากว่า 1 ระดับความเข้มข้น เนื่องจากระดับความเข้มข้นของ EDTA ที่ต่างกันอาจทำให้ประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมและสังกะสีต่างกันด้วย ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการกำหนดระดับความเข้มข้นของ EDTA ไว้เพียงแค่ 1 ระดับความเข้มข้น คือ 5 mmol/kgดิน

5.2.5 ในการวางแผนการทดลองแบบการปลูกในคอลัมน์จะทำให้มีสภาพใกล้เคียงกับธรรมชาติของหญ้าแฝกมากกว่า เนื่องจากธรรมชาติของหญ้าแฝกเป็นพืชที่มีรากยาวกระจายตัวในแนวดิ่ง การปลูกในกระถางอาจทำให้การเจริญเติบโตของรากหญ้าแฝกไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งส่งผลต่อการดูดดึงแคดเมียมและสังกะสีได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

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

กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ. 2545. แคดเมียม. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการของสารเคมีเฉพาะเรื่อง. พิมพ์ครั้งที่ 3. กองจัดจัดการสารอันตรายและกากของเสีย, กรมควบคุมมลพิษ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2541. พิมพ์ครั้งที่ 9. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฉลองชัย แบบประเสริฐ และพินิจ กรินท์ธัญญกิจ, 2536. การใช้น้ำมันแฝกในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูผัก. โครงการวิจัยและพัฒนาการใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เฉลียว จีระจรรยา, ชัยวัฒน์ สิทธิบุศย์, วิโรจน์ สธาเสาวภาคย์ และ สมศักดิ์ สระแก้ว. 2540. การศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโค ระบบรากและผลผลิตของหญ้าแฝกพันธุ์ต่าง ๆ. ในเอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35 สาขาพืชส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร อุตสาหกรรมเกษตร. หน้า 372 – 377. 3 - 5 กุมภาพันธ์ 2540 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฐิตินันท์ ศรีสถิต และอวยพร แต้ชูตระกูล. 2547. เหตุเกิดที่แม่ตาว “ในน้ำมีปลา ในนามีแคดเมียม”. วารสารโลกสีเขียว. 13(5): หน้า 18-32.

ดุษลักษณ์ ฐิติวร. 2543. ประสิทธิภาพของแฝกหอม *Vetiveria zizainoides* (Linn.) Nash และแฝกดอน *Vetivria nemoralis* (Balansa) A. Camus ในการกำจัดสารหนูที่ปนเปื้อนในดิน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ถวิล ครุฑกุล. 2527. อิทธิพลของตะกั่วไนเตรตและตะกั่วออกไซด์ที่ใส่ลงไปในดินต่อมันสำปะหลังที่ปลูกบนดินร่วนบนทราย” วารสารเกษตรศาสตร์(วิทย.). 18(3): หน้า 149 –152.

ทัศนีย์ อัตตะนันทร์, จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข และสุรเดช จินตกานนท์. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินและพืช. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนาคารโลก. 2537. หญ้าแฝก แนวรั้วป้องกันการพังทลายของดิน. แปลโดย สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. กรุงเทพมหานคร.

ธนสรรค์ นิรัญราช. 2544. การหาปริมาณโลหะหนักในหญ้าแฝกที่ดูดจากน้ำเสียโดยใช้เทคนิควิเคราะห์ทางนิวเคลียร์. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนียา เจติยานุกรกุล. 2539. ความเป็นไปได้ในการใช้หญ้าแฝกจากแหล่งพันธุ์ต่าง ๆ ในการบำบัดน้ำทิ้ง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญตา อิ๊บ และ วันชัย วงษ์วิไลย. 2546. ความสามารถของการสะสมโครเมียมของหญ้าแฝกหอมและหญ้าแฝกดอน. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุปผา แช่มประเสริฐ. 2527. ผลกระทบของแคดเมียมในแอคติเวเตดสลัดจ์ที่มีต่อพืชผักและธาตุอาหารบางชนิด. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปรีดา พากเพียร. 2541. โลหะหนัก: แหล่งที่มา ค่ามาตรฐาน และการทำปฏิกิริยากับดิน. วารสารดินและปุ๋ย. 20(2): หน้า 41 – 49.

ปิยวรรณ โภชนพันธ์. 2546. ประสิทธิภาพการใช้หญ้าแฝกบำบัดน้ำเสียจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

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

พรรณราย สิทธิวงษ์. 2543. ปริมาณโลหะหนัก แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ในดินตะกอนชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยจังหวัดเพชรบุรี วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มนพ รุ่งสุข. 2538. การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกหอม *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash ที่รดด้วยน้ำทิ้งจากชุมชนจังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มลิวรรณ บุญเสนอ. 2548. พืชกับการฟื้นฟูคุณภาพดิน. วารสารสิ่งแวดล้อม. 9(4): หน้า 19.

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

วิไลภรณ์ บุญญกิจจินดา. 2523. อิทธิพลของธาตุโลหะบางอย่างที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชผักบางชนิด. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทูร ชินพันธุ์. 2537. ลักษณะของหญ้าแฝก.ใน คู่มือการดำเนินงานเกี่ยวกับหญ้าแฝก. หน้า15-24. กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาที่ดิน.

วิทูร ชินพันธุ์ และอาทิตย์ ศุขเกษม. 2536. การศึกษาเปรียบเทียบสายพันธุ์หญ้าแฝกในประเทศไทย. รายงานผลการดำเนินงานโครงการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝกอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ประจำปี 2536: หน้า 31 – 33.

วีรชัย ณ นคร. 2536. น้ำหอมจากรากหญ้าแฝกหอม. กรุงเทพมหานคร: หอพรรณไม้ กองบำรุง กรมป่าไม้.

วงศ์พงา เส็งสาย .2544. ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกหอม *Vertiveria zizaniodes* (Linn.) Nash และแฝกดอน *Vertiveria nemoralis* A. Camus ในการกำจัดโครเมียมใน พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อการบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้ายจากโรงฟอกหนัง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริลักษณ์ กล้าการขาย. 2548. การบำบัดแคดเมียมที่ปนเปื้อนในดินโดยใช้หญ้าแฝก. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการทัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิยาลัยนเรศวร.

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. 2540. ภาวะมลพิษของดินจากการใช้สารเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. 2545. ภาวะมลพิษของดินจากการใช้สารเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. สรีรวิทยาของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โสภาพรรณ จิรนิรัติศัย. 2534. ปริมาณตะกั่ว ทองแดง แคดเมียม และสังกะสีในน้ำและดินตะกอนจากชั้นคุณภาพลุ่มน้ำต่าง ๆ บริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 2537. ความก้าวหน้าการดำเนินงานสนองพระราชดำริการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝก. กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 2541. สาระหน้ารู้เรื่องหญ้าแฝก: การใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝก. กรุงเทพมหานคร.

อนุรักษ์ บรรณศักดิ์. 2544. การวิเคราะห์ตะกั่วและสังกะสีในหญ้าแฝกที่ปลูกบนหางแร่ตะกั่วและสังกะสีโดยใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ. 2522. อิทธิพลของตะกั่ว แคดเมียมต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบทางเคมีของพืชอาหารสัตว์. วิทยานิพนธ์วิมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ. 2525. ผลกระทบของปริมาณโลหะหนัก (ตะกั่ว) จากการคมนาคมต่อพืชอาหารสัตว์ในเขตกรุงเทพมหานคร. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัจจิมา มีพริ้ง. 2546. การศึกษาความสามารถการดูดซึมโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ต่าง ๆ. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล.

อู่แก้ว เอี่ยมสำอาง. 2547. ผลของอีดีทีเอต่อการกำจัดไซยาไนด์ในน้ำเสียโดยวิธีอัลคาไลน์คลอริเนชั่นและปฏิกิริยาการออกซิเดชั่นด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ . วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

American Society for Testing and Materials. 1961. Tentative method for grain-size analysis of soils. *In*, The 1961 Book of ASTM Standards, part 4. Am. Soc. Testing Meter., Philadelphia. pp. 1272-1283.

Alloway. B.J. 1997. Cadmium, pp. 122-147. *In* B.J. Alloway (ed.). Heavy Meatals in Soil, 2nd ed. Black Academic and Professional, London, UK.

Babich, A. and Stotzky, G. 1980. Heavy metal toxicity to microbe mediated ecologic process; A review and potential application to regulatory policies. Environ. Rus. 36: 111-137.

Baker, D.E. and Senft, J.P. 1997. Copper. pp. 179 – 205. *In* B.J. Alloway (ed.). Heavy Meatals in Soil, 2nd ed. Black Academic and Professional, London, UK.

Blaylock, M.J. and Huang, J.W. 1999. Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean up the Environment. Newyork: John Wiley & Sons.

Benjamin, M. M. (2002). Water Chemistry. 1sted. New York: McGraw-Hill.

Berman, E. 1980. Toxic Metals and their Analysis. Cambridge University Press, London. 115p.

Brams, E. and Anthony, W. 1983. Cadmium and lead through and agricultural food chain. Texas A. and M. Univ. Science of the Total Environ. 28: 295 – 307.

Bremner, J.N. 1965. Total nitrogen. In C.A. Black (ed), Method of Soil Analysis, part 2. Agronomy No. 9 Am. Soc. Agron. Medison, Wisconsin, USA. pp. 1149-1237.

Burch, R.E., Hanh, H.K.J. and Sullivan, J.F.1975. Newer aspects of the role of zinc, mangerese and copper in human nutrition. Clin. Chem. 21(4) : pp. 501-520.

Catherine, A.M. and Dheiann, M. 1989. Renal glutation depletion and nephrotoxicity of cadmium metalotion in rats. Toxicol. And Appl. Pharm. 98: pp. 544-552.

Chaney, R.L. 1982. “Fate of toxic substances in sludge applied to cropland” Processings International Symposium Land Application of Sewage Sludge., *Cited by* Kuntz, H., Pluquet, E., Stark, J.H. Coopoia, S. Current Techniques for the Evaluation of Metal Problems due to Sludge. *In* P.L., Hermite and H. Ott (eds.). Processing and use of Sewage Sludge. Holland: D. Reidal Publishing Company, pp. 394 - 403.

Chaney, R.L., Malik, M.,Li,Y.M., Brown, S.L., Brewer, E.P., Angel, J.S. and Baker, A.J.M. 1997 Phytoremediation of Soil Metal. Current Options in Biotechnology 8: p.279 – 284.

Chemicalland21. (2006). Chelating Agents [Online]. Available from: http://www.hemicalland21.com/arokorhi/spacialtychem/perchem/CHELATING%20AGENTS.htm[2006, Febuary 23]

Chen, Y., Shen, Z and Li, X. 2004. The use of vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) in the phytoremediation of soils contaminated with heavy metals. Applied Geochemistry (19): pp. 1553-1565.

Chen, H. and Cutright, T. 2001. EDTA and HEDTA effects on Cd, Cr, and Ni uptake by Helianthus annuus. Chemosphere 45: (2001) pp.21-28.

Crowley, D.E., Wang, Y.C., Reid, C.P.P. and Szaniszlo, P.J. 1991. Machanism of iron acquisition from siderospheres by microorganism and plants. Plant Soil 130, 179-198.

Culter, J.M. and Rain, D.W. 1974. “Characterization of cadmium uptake by plant tissue” Plant Physical (54): pp.67 - 71.

Davies, B.E. 1980. Applied soil trance elements. Great Britain: John Wiley and Sons.

Davis, R.D. 1984. “Crop uptake of metals (cadmium, lead, mercury, copper, nickel, zinc, and chromium) from sludge-treated soil and its implication for soil fertility and for the

Diaz, M. A., and Polo, A. 1988. “Effect of two sewage sludge in the rye-grass yield and nutrient content”. In A.A. Orio(ed.). Environmental contamination. Edinburgh : CEP Consultants, pp. 428-430.

Environmental Protection Agency. 2000. Introduction of Phytoremediation. Office of Research and Development. U.S Environmental Agency Cincinnati, Ohio 45268. (Doc. EPA/6000/ R-99/107).

Forstner, U. and Wittmann, G. 1988. Analysis and prognosis of metal mobility in soil and wastes, pp. 1 – 10. In K. Wolf, W.F. Van Den Brink and F.J. Colon (eds.). Contaminated Soil. Kluwer Academy Publ., London.

Francis, A.J. and Dodge, C.J. 1988. Anaerobic microbial microbial dissolution of transition and heavy metal oxide. Appl. And Environ. Micro. Biolo. (54): pp. 1009 – 1014.

Gardner, W.H. 1965. Water content. In C.A. Black (ed.) Method of Soil Analysis, part 1. Agronomy No. 9. Am. Soc. of Agron. Medison, Wisconsin, USA. pp. 82-127.

Gebhardt, H., Gruen, R., and Pusch, F. 1990. "The accumulation of heavy metals in soils and crops by practical sewage sludge application" Current Abstracts. (89) : pp. 307 – 310.

Genevini, P.L., Zaccheo, P., Garbarino, A. and Mezzanotte, V. 1984. "Utilization and Agricultural value of dried digested sewage slugde from a domestic and industrial sewage plant" In P.L., Hormite and H. Ott (eds.). Processing and use of Sewage Sludge. Holland: D. Reidal Publishing Company, pp.306-309.

Haghiri, F. 1974. Plant uptake of Cadmium as influenced by cation exchange capacity, organic matter, zinc, and soil temperature. J Environ Oual. 3(2): p. 180-182.

Hawley, G.G. 1977. The Condensed Chemical Dictionary. 9^{th} ed., Van Nostran Reinhold Co., London. p. 957

Hegstrom, J. and Stephen, D.S. 1989. Heavy metal accumulation in small mammals following sewage sludge application to forests. J. Environ. Qual. 18: 345 – 349.

Hirsch, D. and Banin, A. 1990. Cadmium speciation in soil solution. J.Environ.Qual. (19): p. 366-372.

Ilya, R. and Burt, D.E. 2000. Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean Up the Environment. A Wiley – Interscience Publication.

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

Jackson, M.L. 1967. Soil Analysis. Eaglewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall. Inc. 485 pp.

James, B.R. and Bartlett, R.J. 1983. Bahavior of chromium in soil : V. Fate of organically complexed Cr (III) added to soil. J Environ. Qual. 12: 169 – 172.

Kelly E., Belz. 1997. Phytoremediation [Online]. Available from: http://www.cee.vt.edu/program_area/environmental/teach/gwprimer/phyto/phyto.html.

Khan, E. 2001. Phytoremediation. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง Bioremediation: Design and Application. General Science Department, Faculty of Science, Chulalongkorn University.

Lasat, M.M. 2000. Phytoextraction of Metals from Contaminated Soil: A Review of Plant/Soil/Metal Interaction and Assessment of Pertiment Agronomic Issues. Journal of Harzardous Substance Research.

Lee, IP. 1983. Effect of environment metals on man reproduction, pp. 253 – 273. In T.W. Clakson, G.F. Nordberg and P.R. Sager (eds.). Reproductive and Development Toxicity of Metals. Prenum Press, New York.

Li, Z. and Shuman, L.M. 1996. Heavy metal movement in metal-contaminated soil profile. J. Soil Science. 161: 656-666.

McBride, M. 1994. Environmental Chemistry of soils. New York: Oxford University Press.

McNeely, R.N., Neimanis, V.P and Dawer, L. 1979. Water Quality Source Book a Guide to Water Quality Parameter. Inland Water. Directorate, water Quality Branch, Ottawa. p. 238.

Peligard, K. 1986. Heavy metal uptake from the soil in four seed plants. Bot. Tiddskrift (73) : pp. 167 – 175.

Peech, M. 1965. Hydrogen ion activity. *In* C.A. Black (ed), Method of Soil Analysis, part 2. Agronomy No. 9 Am. Soc. Agron. Medison, Wisconsin, USA. pp. 914-926.

Pepper, I.L., Bezdicek, D.F., Baker, A.S., and Sims, J.M. 1983. “Silage corn uptake of sludge-applied Zn and Cd as affected by soil pH”. J. Environ. Qual. 12(2): pp. 270-275.

Portmann, J.E. 1972. “Marine Pollution in Japan” , pp. 25-31. In M. Mario (ed.). Marine Pollution and Sea Life. Food and Agriculture Organization of the United Nations, London.

Ramo, J. and Sillanpaa, M. 2001. Degradation of EDTA by hydrogen peroxide in alkaline conditions. Journal of Cleaner Production. 9: 191-195.

Raskin I. 1997. Phytoremediation: Using plant to remove pollutants from the environment. American Society of Plant Physioligists.

Reilly, C. 1980. Metal Contamination of Food. Applied Science Publishers Ltd., London. pp. 235.

Rob, D.A. and Pierpoint, W.S. 1983. Metals and Micronutrients: Uptake and Utilization by Plants. Acadamic Press, London.

Romheld, V. and Marschner, H. 1986. Mobilization of iron in the rhizosphere ofdifferent plant species. Adv. Plant Nutr. 10(2) : pp. 155 – 204.

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

Schroeder, H.A. and Balassa, J.J. 1963. Cadmium uptake by vegetables from superphosphate. Soil Sci. 140: 189.

Siriratpiriya, O., Vergerust, E., and Selmer-Olsen, A.R. 1985. Effect of temperature and Heavy metal application on metal content in lettuce. Scientific reports of the Agricultural University of Norway.

Sitting, M. 1976. Toxic Metals; Pollution Control and Worker Protection. Park Ridge. New Jersy. pp. 245.

Tlustos, P., Pavlikova, D., Balik, j., Hanc, A. and Balikova, M. 1998. The accumulation of arsenic and cadmium in plant and their distribution. Rotlina Vyroba. 44(October): pp. 463-469.

Troung, Paul N.V. 1999. Vetiver Grass Technology for Mine Rehabilitation. Technical Bulletin No. 1999/2(November) : pp. 1 – 12.

Troung, Paul N.V. 2000. The Global Impact of Vetiver Grass Technology On the Environment. In Proceedings 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.

Troung, Paul N.V. and Claridge, J. 1996. Effect of Heavy Metals Toxicities on Vetiver Growth, pp. 32 – 36. In Vetiver Newsletter. Newsletter of The Vetiver Newyork Number 15.

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

Tucker, M.D.; Barton,L.L.; Thomas, B.M.; Wagener, B.m. and Aragon, A. 1999. Treatment of waste containing EDTA by Chemical oxidation. Waste management. 19: 477-482.

Turgut, C., Pepe, M.K. and Cutright, T.J. 2003. The effect of EDTA on *Helianthus annuus* uptake, selective, and translocation of heavy metals when grown in Ohio, New Mexico and Columbia soils. Chemosphere. 58(2005): pp. 1087 – 1095.

United States Environment Protection Agency .1982. Second edition. Test Methods for Evaluating Solid Waste. Washington, D.C. : U.S. Department of Commerce.

Van der Zee, S.E., A.T.M. Van Riemsdijk and F.A.M de Hanh. 1988. Transport of heavy metal and phosphate in heterogenous soils, pp. 23 – 31. In K. Wolf, W.F. Van Den Brink and F.J. Colon (eds.). Contaminated Soil. Kluwer Academy Pupl., London.

Walkley, A. and Black C.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid tritation method. Soil Sci. 37: 29-38.

Yanai, J., Zhao, F.J., Steav P. McGrath and Kosaki, T. 2005. Effect of soil characteristics on Cd uptake by the hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*. Environmental Polluiton

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านการเจริญเติบโต

ก. 1 จำนวนต้นต่อกอ

ก.1.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยจำนวนต้นต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Zero

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	4449.389	1	4449.389	2583.516	.000
	Error	3.444	2	1.722[a]		
Tr	Hypothesis	387.611	5	77.522	29.192	.000
	Error	26.556	10	2.656[b]		
Rep	Hypothesis	3.444	2	1.722	.649	.543
	Error	26.556	10	2.656[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Fifty

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	4020.056	1	4020.056	2334.226	.000
	Error	3.444	2	1.722[a]		
Tr	Hypothesis	280.944	5	56.189	24.911	.000
	Error	22.556	10	2.256[b]		
Rep	Hypothesis	3.444	2	1.722	.764	.491
	Error	22.556	10	2.256[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Hundred

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	3669.389	1	3669.389	725.813	.001
	Error	10.111	2	5.056[a]		
Tr	Hypothesis	360.944	5	72.189	43.604	.000
	Error	16.556	10	1.656[b]		
Rep	Hypothesis	10.111	2	5.056	3.054	.092
	Error	16.556	10	1.656[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Hundredfifty

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	3444.500	1	3444.500	1589.769	.001
	Error	4.333	2	2.167[a]		
Tr	Hypothesis	312.500	5	62.500	35.377	.000
	Error	17.667	10	1.767[b]		
Rep	Hypothesis	4.333	2	2.167	1.226	.334
	Error	17.667	10	1.767[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Twohundred

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	3016.056	1	3016.056	13572.250	.000
	Error	.444	2	.222[a]		
Tr	Hypothesis	292.278	5	58.456	9.707	.001
	Error	60.222	10	6.022[b]		
Rep	Hypothesis	.444	2	.222	.037	.964
	Error	60.222	10	6.022[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredNon

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	3990.222	1	3990.222	4489.000	.000
	Error	1.778	2	.889[a]		
Tr	Hypothesis	346.444	5	69.289	10.257	.001
	Error	67.556	10	6.756[b]		
Rep	Hypothesis	1.778	2	.889	.132	.878
	Error	67.556	10	6.756[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก. 1.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยจำนวนต้นต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Zero

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	3584.222	1	3584.222	962.925	.001
	Error	7.444	2	3.722[a]		
Tr	Hypothesis	349.778	5	69.956	48.061	.000
	Error	14.556	10	1.456[b]		
Rep	Hypothesis	7.444	2	3.722	2.557	.127
	Error	14.556	10	1.456[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Fifty

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	3200.000	1	3200.000	1476.923	.001
	Error	4.333	2	2.167[a]		
Tr	Hypothesis	224.000	5	44.800	10.752	.001
	Error	41.667	10	4.167[b]		
Rep	Hypothesis	4.333	2	2.167	.520	.610
	Error	41.667	10	4.167[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Hundred

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	2688.889	1	2688.889	1728.571	.001
	Error	3.111	2	1.556[a]		
Tr	Hypothesis	275.111	5	55.022	32.579	.000
	Error	16.889	10	1.689[b]		
Rep	Hypothesis	3.111	2	1.556	.921	.429
	Error	16.889	10	1.689[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Hundredfifty

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	2289.389	1	2289.389	841.000	.001
	Error	5.444	2	2.722[a]		
Tr	Hypothesis	301.611	5	60.322	19.742	.000
	Error	30.556	10	3.056[b]		
Rep	Hypothesis	5.444	2	2.722	.891	.440
	Error	30.556	10	3.056[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Twohundred

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	2026.722	1	2026.722	598.049	.002
	Error	6.778	2	3.389[a]		
Tr	Hypothesis	279.611	5	55.922	20.052	.000
	Error	27.889	10	2.789[b]		
Rep	Hypothesis	6.778	2	3.389	1.215	.337
	Error	27.889	10	2.789[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredNon

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	2888.000	1	2888.000	825.143	.001
	Error	7.000	2	3.500[a]		
Tr	Hypothesis	250.667	5	50.133	17.694	.000
	Error	28.333	10	2.833[b]		
Rep	Hypothesis	7.000	2	3.500	1.235	.332
	Error	28.333	10	2.833[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก. 1.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยจำนวนต้นต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Zero

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	4900.500	1	4900.500	1547.526	.001
	Error	6.333	2	3.167[a]		
Tr	Hypothesis	389.167	5	77.833	28.827	.000
	Error	27.000	10	2.700[b]		
Rep	Hypothesis	6.333	2	3.167	1.173	.349
	Error	27.000	10	2.700[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Fivehundred

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	2812.500	1	2812.500	4218.750	.000
	Error	1.333	2	.667[a]		
Tr	Hypothesis	293.833	5	58.767	17.630	.000
	Error	33.333	10	3.333[b]		
Rep	Hypothesis	1.333	2	.667	.200	.822
	Error	33.333	10	3.333[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredNon

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	3042.000	1	3042.000	1140.750	.001
	Error	5.333	2	2.667[a]		
Tr	Hypothesis	264.000	5	52.800	31.680	.000
	Error	16.667	10	1.667[b]		
Rep	Hypothesis	5.333	2	2.667	1.600	.250
	Error	16.667	10	1.667[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

ก. 1.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยจำนวนต้นต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Zero

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	3253.556	1	3253.556	1126.231	.001
	Error	5.778	2	2.889[a]		
Tr	Hypothesis	245.778	5	49.156	14.089	.000
	Error	34.889	10	3.489[b]		
Rep	Hypothesis	5.778	2	2.889	.828	.465
	Error	34.889	10	3.489[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Fivehundred

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	1422.222	1	1422.222	1969.231	.001
	Error	1.444	2	.722[a]		
Tr	Hypothesis	143.778	5	28.756	15.497	.000
	Error	18.556	10	1.856[b]		
Rep	Hypothesis	1.444	2	.722	.389	.687
	Error	18.556	10	1.856[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredNon

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	1586.722	1	1586.722	4080.143	.000
	Error	.778	2	.389[a]		
Tr	Hypothesis	154.278	5	30.856	17.916	.000
	Error	17.222	10	1.722[b]		
Rep	Hypothesis	.778	2	.389	.226	.802
	Error	17.222	10	1.722[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

ก. 2 ความสูง

ก. 2.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยความสูงของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Zero

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	162317.027	1	162317.027	7199.380	.000
	Error	45.092	2	22.546[a]		
Tr	Hypothesis	4016.701	5	803.340	7.426	.004
	Error	1081.840	10	108.184[b]		
Rep	Hypothesis	45.092	2	22.546	.208	.815
	Error	1081.840	10	108.184[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FiftyL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	139101.751	1	139101.751	3116.050	.000
	Error	89.281	2	44.640[a]		
Tr	Hypothesis	1784.833	5	356.967	4.289	.024
	Error	832.358	10	83.236[b]		
Rep	Hypothesis	89.281	2	44.640	.536	.601
	Error	832.358	10	83.236[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	125141.707	1	125141.707	950.489	.001
	Error	263.321	2	131.660[a]		
Tr	Hypothesis	1267.924	5	253.585	4.354	.023
	Error	582.386	10	58.239[b]		
Rep	Hypothesis	263.321	2	131.660	2.261	.155
	Error	582.386	10	58.239[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredfiftyL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	120641.995	1	120641.995	1263.237	.001
	Error	191.004	2	95.502[a]		
Tr	Hypothesis	1303.191	5	260.638	2.734	.083
	Error	953.340	10	95.334[b]		
Rep	Hypothesis	191.004	2	95.502	1.002	.401
	Error	953.340	10	95.334[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredfiftyL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	120641.995	1	120641.995	1263.237	.001
	Error	191.004	2	95.502[a]		
Tr	Hypothesis	1303.191	5	260.638	2.734	.083
	Error	953.340	10	95.334[b]		
Rep	Hypothesis	191.004	2	95.502	1.002	.401
	Error	953.340	10	95.334[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredNonL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	129652.504	1	129652.504	4085.233	.000
	Error	63.474	2	31.737[a]		
Tr	Hypothesis	1500.784	5	300.157	2.100	.149
	Error	1429.406	10	142.941[b]		
Rep	Hypothesis	63.474	2	31.737	.222	.805
	Error	1429.406	10	142.941[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก. 2.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยความสูงของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Zero

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	196637.657	1	196637.657	1699.839	.001
	Error	231.360	2	115.680[a]		
Tr	Hypothesis	7177.062	5	1435.412	11.334	.001
	Error	1266.508	10	126.651[b]		
Rep	Hypothesis	231.360	2	115.680	.913	.432
	Error	1266.508	10	126.651[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FiftyL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	174252.626	1	174252.626	1959.136	.001
	Error	177.887	2	88.944[a]		
Tr	Hypothesis	4551.173	5	910.235	9.861	.001
	Error	923.086	10	92.309[b]		
Rep	Hypothesis	177.887	2	88.944	.964	.414
	Error	923.086	10	92.309[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	147169.400	1	147169.400	1444.956	.001
	Error	203.701	2	101.850[a]		
Tr	Hypothesis	4042.533	5	808.507	13.456	.000
	Error	600.841	10	60.084[b]		
Rep	Hypothesis	203.701	2	101.850	1.695	.232
	Error	600.841	10	60.084[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredfiftyL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	125175.061	1	125175.061	1107.926	.001
	Error	225.963	2	112.981[a]		
Tr	Hypothesis	2688.895	5	537.779	47.285	.000
	Error	113.732	10	11.373[b]		
Rep	Hypothesis	225.963	2	112.981	9.934	.004
	Error	113.732	10	11.373[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TwohundredL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	111049.277	1	111049.277	4428.254	.000
	Error	50.155	2	25.077[a]		
Tr	Hypothesis	1875.494	5	375.099	3.374	.048
	Error	1111.739	10	111.174[b]		
Rep	Hypothesis	50.155	2	25.077	.226	.802
	Error	1111.739	10	111.174[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredNonL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	157832.093	1	157832.093	841.235	.001
	Error	375.239	2	187.619[a]		
Tr	Hypothesis	4433.844	5	886.769	17.409	.000
	Error	509.379	10	50.938[b]		
Rep	Hypothesis	375.239	2	187.619	3.683	.063
	Error	509.379	10	50.938[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

ก. 2.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยความสูงของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Zero

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	165544.498	1	165544.498	4259.230	.000
	Error	77.734	2	38.867[a]		
Tr	Hypothesis	3499.763	5	699.953	10.517	.001
	Error	665.530	10	66.553[b]		
Rep	Hypothesis	77.734	2	38.867	.584	.576
	Error	665.530	10	66.553[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Fivehundred

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	90104.370	1	90104.370	2424.277	.000
	Error	74.335	2	37.168[a]		
Tr	Hypothesis	253.613	5	50.723	2.458	.106
	Error	206.370	10	20.637[b]		
Rep	Hypothesis	74.335	2	37.168	1.801	.215
	Error	206.370	10	20.637[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredNon

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	102046.561	1	102046.561	3957.171	.000
	Error	51.576	2	25.788[a]		
Tr	Hypothesis	464.022	5	92.804	2.005	.163
	Error	462.825	10	46.282[b]		
Rep	Hypothesis	51.576	2	25.788	.557	.590
	Error	462.825	10	46.282[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

ก. 2.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยความสูงของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Zero

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	197219.214	1	197219.214	5876.264	.000
	Error	67.124	2	33.562[a]		
Tr	Hypothesis	5650.995	5	1130.199	9.963	.001
	Error	1134.397	10	113.440[b]		
Rep	Hypothesis	67.124	2	33.562	.296	.750
	Error	1134.397	10	113.440[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Fivehundred

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	107883.222	1	107883.222	3518.676	.000
	Error	61.320	2	30.660[a]		
Tr	Hypothesis	1027.575	5	205.515	2.884	.072
	Error	712.490	10	71.249[b]		
Rep	Hypothesis	61.320	2	30.660	.430	.662
	Error	712.490	10	71.249[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredNon

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	123393.528	1	123393.528	1550.523	.001
	Error	159.164	2	79.582[a]		
Tr	Hypothesis	1356.586	5	271.317	4.674	.018
	Error	580.490	10	58.049[b]		
Rep	Hypothesis	159.164	2	79.582	1.371	.298
	Error	580.490	10	58.049[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

ก. 3 น้ำหนักแห้ง

ก. 3.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Zero

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	15260.627	1	15260.627	2961.299	.000
	Error	10.307	2	5.153[a]		
Treatment	Hypothesis	1958.184	5	391.637	44.351	.000
	Error	88.304	10	8.830[b]		
Replication	Hypothesis	10.307	2	5.153	.584	.576
	Error	88.304	10	8.830[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FiftyL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	13800.696	1	13800.696	1257.197	.001
	Error	21.955	2	10.977[a]		
Treatment	Hypothesis	1697.672	5	339.534	52.884	.000
	Error	64.203	10	6.420[b]		
Replication	Hypothesis	21.955	2	10.977	1.710	.230
	Error	64.203	10	6.420[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	11295.045	1	11295.045	1039.498	.001
	Error	21.732	2	10.866[a]		
Treatment	Hypothesis	1831.916	5	366.383	66.791	.000
	Error	54.855	10	5.485[b]		
Replication	Hypothesis	21.732	2	10.866	1.981	.189
	Error	54.855	10	5.485[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredfiftyL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	10944.108	1	10944.108	1621.428	.001
	Error	13.499	2	6.750[a]		
Treatment	Hypothesis	1904.428	5	380.886	47.366	.000
	Error	80.413	10	8.041[b]		
Replication	Hypothesis	13.499	2	6.750	.839	.460
	Error	80.413	10	8.041[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TwohundredL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	9931.572	1	9931.572	2170.991	.000
	Error	9.149	2	4.575[a]		
Treatment	Hypothesis	1793.491	5	358.698	43.236	.000
	Error	82.964	10	8.296[b]		
Replication	Hypothesis	9.149	2	4.575	.551	.593
	Error	82.964	10	8.296[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredNonL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	11341.184	1	11341.184	2309.105	.000
	Error	9.823	2	4.912[a]		
Treatment	Hypothesis	1633.108	5	326.622	43.991	.000
	Error	74.247	10	7.425[b]		
Replication	Hypothesis	9.823	2	4.912	.662	.537
	Error	74.247	10	7.425[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

ก. 3.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Zero

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	17620.651	1	17620.651	905.219	.001
	Error	38.931	2	19.466[a]		
Treament	Hypothesis	1912.328	5	382.466	58.719	.000
	Error	65.135	10	6.513[b]		
Replication	Hypothesis	38.931	2	19.466	2.989	.096
	Error	65.135	10	6.513[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Fifty

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	15449.890	1	15449.890	2918.558	.000
	Error	10.587	2	5.294[a]		
Treament	Hypothesis	2183.741	5	436.748	44.915	.000
	Error	97.240	10	9.724[b]		
Replication	Hypothesis	10.587	2	5.294	.544	.596
	Error	97.240	10	9.724[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Hundred

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	13200.958	1	13200.958	3152.790	.000
	Error	8.374	2	4.187[a]		
Treament	Hypothesis	1727.680	5	345.536	33.058	.000
	Error	104.525	10	10.452[b]		
Replication	Hypothesis	8.374	2	4.187	.401	.680
	Error	104.525	10	10.452[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Hundredfifty

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	12591.258	1	12591.258	1192.331	.001
	Error	21.120	2	10.560[a]		
Treament	Hypothesis	1799.609	5	359.922	123.078	.000
	Error	29.243	10	2.924[b]		
Replication	Hypothesis	21.120	2	10.560	3.611	.066
	Error	29.243	10	2.924[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Twohundred

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	10777.567	1	10777.567	1592.393	.001
	Error	13.536	2	6.768[a]		
Treament	Hypothesis	1681.641	5	336.328	139.946	.000
	Error	24.033	10	2.403[b]		
Replication	Hypothesis	13.536	2	6.768	2.816	.107
	Error	24.033	10	2.403[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredNon

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	13821.748	1	13821.748	3257.870	.000
	Error	8.485	2	4.243[a]		
Treament	Hypothesis	1625.318	5	325.064	26.339	.000
	Error	123.416	10	12.342[b]		
Replication	Hypothesis	8.485	2	4.243	.344	.717
	Error	123.416	10	12.342[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก. 3.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ZeroR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	3996.478	1	3996.478	4873.126	.000
	Error	1.640	2	.820[a]		
Treatment	Hypothesis	617.349	5	123.470	37.246	.000
	Error	33.149	10	3.315[b]		
Replication	Hypothesis	1.640	2	.820	.247	.785
	Error	33.149	10	3.315[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FiftyR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	3346.983	1	3346.983	3044.265	.000
	Error	2.199	2	1.099[a]		
Treatment	Hypothesis	506.699	5	101.340	17.723	.000
	Error	57.181	10	5.718[b]		
Replication	Hypothesis	2.199	2	1.099	.192	.828
	Error	57.181	10	5.718[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	2857.680	1	2857.680	1077.103	.001
	Error	5.306	2	2.653[a]		
Treatment	Hypothesis	408.890	5	81.778	11.200	.001
	Error	73.014	10	7.301[b]		
Replication	Hypothesis	5.306	2	2.653	.363	.704
	Error	73.014	10	7.301[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredfiftyR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	2408.643	1	2408.643	1255.544	.001
	Error	3.837	2	1.918[a]		
Treatment	Hypothesis	287.419	5	57.484	15.754	.000
	Error	36.489	10	3.649[b]		
Replication	Hypothesis	3.837	2	1.918	.526	.607
	Error	36.489	10	3.649[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TwohundredR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	1821.866	1	1821.866	767.584	.001
	Error	4.747	2	2.374[a]		
Treatment	Hypothesis	347.161	5	69.432	23.922	.000
	Error	29.024	10	2.902[b]		
Replication	Hypothesis	4.747	2	2.374	.818	.469
	Error	29.024	10	2.902[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredNonR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	2814.250	1	2814.250	1918.277	.001
	Error	2.934	2	1.467[a]		
Treatment	Hypothesis	379.285	5	75.857	38.875	.000
	Error	19.513	10	1.951[b]		
Replication	Hypothesis	2.934	2	1.467	.752	.496
	Error	19.513	10	1.951[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

ก. 3.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ZeroR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	5018.016	1	5018.016	4603.473	.000
	Error	2.180	2	1.090[a]		
Treament	Hypothesis	670.878	5	134.176	21.091	.000
	Error	63.618	10	6.362[b]		
Replication	Hypothesis	2.180	2	1.090	.171	.845
	Error	63.618	10	6.362[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FiftyR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	3822.585	1	3822.585	2706.404	.000
	Error	2.825	2	1.412[a]		
Treament	Hypothesis	528.644	5	105.729	16.104	.000
	Error	65.652	10	6.565[b]		
Replication	Hypothesis	2.825	2	1.412	.215	.810
	Error	65.652	10	6.565[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	3420.748	1	3420.748	1688.837	.001
	Error	4.051	2	2.026[a]		
Treament	Hypothesis	313.877	5	62.775	13.986	.000
	Error	44.885	10	4.489[b]		
Replication	Hypothesis	4.051	2	2.026	.451	.649
	Error	44.885	10	4.489[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredfiftyR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	3656.265	1	3656.265	2265.336	.000
	Error	3.228	2	1.614[a]		
Treament	Hypothesis	460.682	5	92.136	22.047	.000
	Error	41.791	10	4.179[b]		
Replication	Hypothesis	3.228	2	1.614	.386	.689
	Error	41.791	10	4.179[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TwohundredR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	2984.039	1	2984.039	1701.045	.001
	Error	3.508	2	1.754[a]		
Treament	Hypothesis	418.008	5	83.602	22.618	.000
	Error	36.962	10	3.696[b]		
Replication	Hypothesis	3.508	2	1.754	.475	.635
	Error	36.962	10	3.696[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HunDredNonR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	3401.200	1	3401.200	2320.151	.000
	Error	2.932	2	1.466[a]		
Treament	Hypothesis	233.021	5	46.604	11.104	.001
	Error	41.970	10	4.197[b]		
Replication	Hypothesis	2.932	2	1.466	.349	.713
	Error	41.970	10	4.197[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

ก. 3.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ZeroL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	15600.256	1	15600.256	1344.061	.001
	Error	23.214	2	11.607[a]		
Treament	Hypothesis	1901.672	5	380.334	40.944	.000
	Error	92.891	10	9.289[b]		
Replication	Hypothesis	23.214	2	11.607	1.250	.328
	Error	92.891	10	9.289[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	11687.166	1	11687.166	4547.113	.000
	Error	5.140	2	2.570[a]		
Treament	Hypothesis	127.911	5	25.582	8.613	.002
	Error	29.701	10	2.970[b]		
Replication	Hypothesis	5.140	2	2.570	.865	.450
	Error	29.701	10	2.970[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredNonL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	11217.523	1	11217.523	3396.088	.000
	Error	6.606	2	3.303[a]		
Treament	Hypothesis	71.918	5	14.384	3.605	.040
	Error	39.898	10	3.990[b]		
Replication	Hypothesis	6.606	2	3.303	.828	.465
	Error	39.898	10	3.990[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก. 3.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ZeroL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	17946.914	1	17946.914	3912.812	.000
	Error	9.173	2	4.587[a]		
Treament	Hypothesis	2216.630	5	443.326	38.956	.000
	Error	113.802	10	11.380[b]		
Replication	Hypothesis	9.173	2	4.587	.403	.679
	Error	113.802	10	11.380[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	12490.955	1	12490.955	1342.886	.001
	Error	18.603	2	9.302[a]		
Treament	Hypothesis	276.921	5	55.384	8.128	.003
	Error	68.137	10	6.814[b]		
Replication	Hypothesis	18.603	2	9.302	1.365	.299
	Error	68.137	10	6.814[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredNonL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	14440.368	1	14440.368	4323.284	.000
	Error	6.680	2	3.340[a]		
Treament	Hypothesis	210.293	5	42.059	3.797	.035
	Error	110.759	10	11.076[b]		
Replication	Hypothesis	6.680	2	3.340	.302	.746
	Error	110.759	10	11.076[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

ก. 3.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ZeroR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	3984.566	1	3984.566	6410.178	.000
	Error	1.243	2	.622[a]		
Treament	Hypothesis	554.047	5	110.809	14.359	.000
	Error	77.171	10	7.717[b]		
Replication	Hypothesis	1.243	2	.622	.081	.923
	Error	77.171	10	7.717[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	2498.774	1	2498.774	933.235	.001
	Error	5.355	2	2.678[a]		
Treament	Hypothesis	44.897	5	8.979	5.318	.012
	Error	16.884	10	1.688[b]		
Replication	Hypothesis	5.355	2	2.678	1.586	.252
	Error	16.884	10	1.688[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredNonR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	3093.173	1	3093.173	1951.809	.001
	Error	3.170	2	1.585[a]		
Treament	Hypothesis	74.398	5	14.880	8.288	.002
	Error	17.954	10	1.795[b]		
Replication	Hypothesis	3.170	2	1.585	.883	.444
	Error	17.954	10	1.795[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

ก. 3.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ZeroR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	4524.541	1	4524.541	1290.499	.001
	Error	7.012	2	3.506[a]		
Treament	Hypothesis	482.424	5	96.485	33.246	.000
	Error	29.021	10	2.902[b]		
Replication	Hypothesis	7.012	2	3.506	1.208	.339
	Error	29.021	10	2.902[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	2908.302	1	2908.302	475.537	.002
	Error	12.232	2	6.116[a]		
Treament	Hypothesis	74.579	5	14.916	4.965	.015
	Error	30.041	10	3.004[b]		
Replication	Hypothesis	12.232	2	6.116	2.036	.181
	Error	30.041	10	3.004[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredNonR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	4156.288	1	4156.288	929.298	.001
	Error	8.945	2	4.473[a]		
Treament	Hypothesis	150.315	5	30.063	11.939	.001
	Error	25.180	10	2.518[b]		
Replication	Hypothesis	8.945	2	4.473	1.776	.219
	Error	25.180	10	2.518[b]		

a. MS(Replication)

b. MS(Error)

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านการสะสมโลหะหนักของหญ้าแฝก

ข. 1 การสะสมแคดเมียม

ข. 1.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยการสะสมแคดเมียมในส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FiftyL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	10566.897	1	10566.897	2637.174	.000
	Error	8.014	2	4.007[a]		
Tr	Hypothesis	2453.931	5	490.786	66.677	.000
	Error	73.607	10	7.361[b]		
Rep	Hypothesis	8.014	2	4.007	.544	.596
	Error	73.607	10	7.361[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	39451.469	1	39451.469	3107.959	.000
	Error	25.387	2	12.694[a]		
Tr	Hypothesis	4319.209	5	863.842	32.033	.000
	Error	269.672	10	26.967[b]		
Rep	Hypothesis	25.387	2	12.694	.471	.638
	Error	269.672	10	26.967[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredfiftyL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	79117.116	1	79117.116	5971.221	.000
	Error	26.499	2	13.250[a]		
Tr	Hypothesis	6443.966	5	1288.793	28.657	.000
	Error	449.736	10	44.974[b]		
Rep	Hypothesis	26.499	2	13.250	.295	.751
	Error	449.736	10	44.974[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TwohundredL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	122496.990	1	122496.990	12507.961	.000
	Error	19.587	2	9.794[a]		
Tr	Hypothesis	9536.717	5	1907.343	35.635	.000
	Error	535.248	10	53.525[b]		
Rep	Hypothesis	19.587	2	9.794	.183	.836
	Error	535.248	10	53.525[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredNonL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	24356.158	1	24356.158	6132.420	.000
	Error	7.943	2	3.972[a]		
Tr	Hypothesis	2694.159	5	538.832	17.824	.000
	Error	302.311	10	30.231[b]		
Rep	Hypothesis	7.943	2	3.972	.131	.878
	Error	302.311	10	30.231[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 1.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยการสะสมแคดเมียมในส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์โดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FiftyL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	5496.761	1	5496.761	948.663	.001
	Error	11.588	2	5.794[a]		
Tr	Hypothesis	545.371	5	109.074	37.605	.000
	Error	29.005	10	2.901[b]		
Rep	Hypothesis	11.588	2	5.794	1.998	.186
	Error	29.005	10	2.901[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	24724.208	1	24724.208	3462.718	.000
	Error	14.280	2	7.140[a]		
Tr	Hypothesis	3343.544	5	668.709	23.895	.000
	Error	279.855	10	27.985[b]		
Rep	Hypothesis	14.280	2	7.140	.255	.780
	Error	279.855	10	27.985[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredfiftyL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	53381.692	1	53381.692	2149.937	.000
	Error	49.659	2	24.829[a]		
Tr	Hypothesis	8050.402	5	1610.080	55.952	.000
	Error	287.759	10	28.776[b]		
Rep	Hypothesis	49.659	2	24.829	.863	.451
	Error	287.759	10	28.776[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TwohundredL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	86187.216	1	86187.216	2605.055	.000
	Error	66.169	2	33.085[a]		
Tr	Hypothesis	8946.321	5	1789.264	27.341	.000
	Error	654.429	10	65.443[b]		
Rep	Hypothesis	66.169	2	33.085	.506	.618
	Error	654.429	10	65.443[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredNonL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	14230.970	1	14230.970	962.679	.001
	Error	29.565	2	14.783[a]		
Tr	Hypothesis	1963.588	5	392.718	15.718	.000
	Error	249.855	10	24.986[b]		
Rep	Hypothesis	29.565	2	14.783	.592	.572
	Error	249.855	10	24.986[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 1.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยการสะสมแคดเมียมในส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FiftyR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	1536777.396	1	1536777.396	2726.061	.000
	Error	1127.471	2	563.736[a]		
Tr	Hypothesis	85953.416	5	17190.683	5.263	.013
	Error	32662.596	10	3266.260[b]		
Rep	Hypothesis	1127.471	2	563.736	.173	.844
	Error	32662.596	10	3266.260[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	5214361.476	1	5214361.476	1905.273	.001
	Error	5473.610	2	2736.805[a]		
Tr	Hypothesis	151467.413	5	30293.483	11.167	.001
	Error	27127.452	10	2712.745[b]		
Rep	Hypothesis	5473.610	2	2736.805	1.009	.399
	Error	27127.452	10	2712.745[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredfiftyR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	7825719.658	1	7825719.658	6824.295	.000
	Error	2293.488	2	1146.744[a]		
Tr	Hypothesis	292299.464	5	58459.893	6.513	.006
	Error	89758.726	10	8975.873[b]		
Rep	Hypothesis	2293.488	2	1146.744	.128	.881
	Error	89758.726	10	8975.873[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TwohundredR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	16594070.8	1	16594070.82	1252.910	.001
	Error	26488.855	2	13244.427[a]		
Tr	Hypothesis	651463.410	5	130292.682	22.122	.000
	Error	58898.167	10	5889.817[b]		
Rep	Hypothesis	26488.855	2	13244.427	2.249	.156
	Error	58898.167	10	5889.817[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredNonR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	3053731.042	1	3053731.042	4898.693	.000
	Error	1246.753	2	623.377[a]		
Tr	Hypothesis	25390.560	5	5078.112	2.457	.106
	Error	20665.271	10	2066.527[b]		
Rep	Hypothesis	1246.753	2	623.377	.302	.746
	Error	20665.271	10	2066.527[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 1.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยการสะสมแคดเมียมในส่วนรากของหญ้าแฝก กลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์โดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FiftyR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	961505.424	1	961505.424	2322.590	.000
	Error	827.960	2	413.980[a]		
Tr	Hypothesis	81536.710	5	16307.342	15.008	.000
	Error	10865.479	10	1086.548[b]		
Rep	Hypothesis	827.960	2	413.980	.381	.693
	Error	10865.479	10	1086.548[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	3024807.881	1	3024807.881	1574.217	.001
	Error	3842.937	2	1921.469[a]		
Tr	Hypothesis	164409.109	5	32881.822	14.268	.000
	Error	23045.770	10	2304.577[b]		
Rep	Hypothesis	3842.937	2	1921.469	.834	.462
	Error	23045.770	10	2304.577[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredfiftyR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	4677578.152	1	4677578.152	2389.008	.000
	Error	3915.917	2	1957.958[a]		
Tr	Hypothesis	48779.513	5	9755.903	1.694	.224
	Error	57598.645	10	5759.865[b]		
Rep	Hypothesis	3915.917	2	1957.958	.340	.720
	Error	57598.645	10	5759.865[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TwohundredR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	8036240.951	1	8036240.951	10332.279	.000
	Error	1555.560	2	777.780[a]		
Tr	Hypothesis	64573.205	5	12914.641	.736	.613
	Error	175534.477	10	17553.448[b]		
Rep	Hypothesis	1555.560	2	777.780	.044	.957
	Error	175534.477	10	17553.448[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredNonR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	1654162.227	1	1654162.227	2584.462	.000
	Error	1280.083	2	640.041[a]		
Tr	Hypothesis	80497.513	5	16099.503	12.951	.000
	Error	12431.513	10	1243.151[b]		
Rep	Hypothesis	1280.083	2	640.041	.515	.613
	Error	12431.513	10	1243.151[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 2 การสะสมสังกะสี

ข. 2.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยการสะสมสังกะสีในส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ZeroL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	152.531	1	152.531	2731.076	.000
	Error	.112	2	.056[a]		
Treatment	Hypothesis	4.597	5	.919	7.061	.005
	Error	1.302	10	.130[b]		
Rep	Hypothesis	.112	2	.056	.429	.663
	Error	1.302	10	.130[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	680082.749	1	680082.749	4087.318	.000
	Error	332.777	2	166.389[a]		
Treatment	Hypothesis	68084.122	5	13616.824	53.557	.000
	Error	2542.489	10	254.249[b]		
Rep	Hypothesis	332.777	2	166.389	.654	.541
	Error	2542.489	10	254.249[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredNonL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	341385.845	1	341385.845	801.939	.001
	Error	851.401	2	425.700[a]		
Treatment	Hypothesis	41706.456	5	8341.291	66.484	.000
	Error	1254.627	10	125.463[b]		
Rep	Hypothesis	851.401	2	425.700	3.393	.075
	Error	1254.627	10	125.463[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. 2.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยการสะสมสังกะสีในส่วนใบของหญ้าแฝก กลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์โดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ZeroL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	86.523	1	86.523	4911.076	.000
	Error	.035	2	.018[a]		
Treatment	Hypothesis	.706	5	.141	2.486	.103
	Error	.568	10	.057[b]		
Rep	Hypothesis	.035	2	.018	.310	.740
	Error	.568	10	.057[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	403396.590	1	403396.590	2625.726	.000
	Error	307.265	2	153.632[a]		
Treatment	Hypothesis	31936.262	5	6387.252	30.880	.000
	Error	2068.435	10	206.843[b]		
Rep	Hypothesis	307.265	2	153.632	.743	.500
	Error	2068.435	10	206.843[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredNonL

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	165584.779	1	165584.779	1310.697	.001
	Error	252.667	2	126.333[a]		
Treatment	Hypothesis	18512.363	5	3702.473	20.420	.000
	Error	1813.169	10	181.317[b]		
Rep	Hypothesis	252.667	2	126.333	.697	.521
	Error	1813.169	10	181.317[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

ข. 2.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยการสะสมสังกะสีในส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ZeroR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	11020.186	1	11020.186	236.245	.004
	Error	93.294	2	46.647[a]		
Treatment	Hypothesis	261.023	5	52.205	9.219	.002
	Error	56.626	10	5.663[b]		
Rep	Hypothesis	93.294	2	46.647	8.238	.008
	Error	56.626	10	5.663[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	24994153.9	1	24994153.90	2702.361	.000
	Error	18498.011	2	9249.005[a]		
Treatment	Hypothesis	328619.191	5	65723.838	11.855	.001
	Error	55438.745	10	5543.875[b]		
Rep	Hypothesis	18498.011	2	9249.005	1.668	.237
	Error	55438.745	10	5543.875[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredNonR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	15351347.9	1	15351347.89	3652.306	.000
	Error	8406.386	2	4203.193[a]		
Treatment	Hypothesis	171125.984	5	34225.197	4.261	.025
	Error	80325.507	10	8032.551[b]		
Rep	Hypothesis	8406.386	2	4203.193	.523	.608
	Error	80325.507	10	8032.551[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

ข. 2.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยการสะสมสังกะสีในส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์โดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ZeroR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	7979.066	1	7979.066	1217.348	.001
	Error	13.109	2	6.554[a]		
Treatment	Hypothesis	83.920	5	16.784	4.133	.027
	Error	40.609	10	4.061[b]		
Rep	Hypothesis	13.109	2	6.554	1.614	.247
	Error	40.609	10	4.061[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	16998820.2	1	16998820.19	1687.129	.001
	Error	20151.177	2	10075.588[a]		
Treatment	Hypothesis	157026.487	5	31405.297	2.432	.109
	Error	129130.218	10	12913.022[b]		
Rep	Hypothesis	20151.177	2	10075.588	.780	.484
	Error	129130.218	10	12913.022[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredNonR

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	8633415.945	1	8633415.945	1681.172	.001
	Error	10270.714	2	5135.357[a]		
Treatment	Hypothesis	94706.502	5	18941.300	3.945	.031
	Error	48011.327	10	4801.133[b]		
Rep	Hypothesis	10270.714	2	5135.357	1.070	.379
	Error	48011.327	10	4801.133[b]		

a. MS(Rep)

b. MS(Error)

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านประสิทธิภาพการดูดดึงโลหะหนักของหญ้าแฝก

ค. 1 ประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียม

ค. 1.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FiftyZ

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	84.717	1	84.717	12092.803	.000
	Error	.014	2	.007[a]		
treatment	Hypothesis	29.825	5	5.965	76.390	.000
	Error	.781	10	.078[b]		
rep	Hypothesis	.014	2	.007	.090	.915
	Error	.781	10	.078[b]		

a. MS(rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredZ

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	57.745	1	57.745	2955.410	.000
	Error	.039	2	.020[a]		
treatment	Hypothesis	12.056	5	2.411	45.019	.000
	Error	.536	10	.054[b]		
rep	Hypothesis	.039	2	.020	.365	.703
	Error	.536	10	.054[b]		

a. MS(rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredfiftyZ

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	33.538	1	33.538	6191.640	.000
	Error	.011	2	.005[a]		
treatment	Hypothesis	5.636	5	1.127	52.792	.000
	Error	.214	10	.021[b]		
rep	Hypothesis	.011	2	.005	.254	.781
	Error	.214	10	.021[b]		

a. MS(rep)

b. MS(Error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TwohundredZ

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	27.085	1	27.085	692.411	.001
	Error	.078	2	.039[a]		
treatment	Hypothesis	3.334	5	.667	34.703	.000
	Error	.192	10	.019[b]		
rep	Hypothesis	.078	2	.039	2.036	.181
	Error	.192	10	.019[b]		

a. MS(rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredNonZ

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	33.647	1	33.647	3472.776	.000
	Error	.019	2	.010[a]		
treatment	Hypothesis	5.954	5	1.191	146.599	.000
	Error	.081	10	.008[b]		
rep	Hypothesis	.019	2	.010	1.193	.343
	Error	.081	10	.008[b]		

a. MS(rep)

b. MS(Error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค. 1.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์โดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FiftyN

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	61.383	1	61.383	3555.012	.000
	Error	.035	2	.017[a]		
treatment	Hypothesis	24.094	5	4.819	139.084	.000
	Error	.346	10	.035[b]		
rep	Hypothesis	.035	2	.017	.498	.622
	Error	.346	10	.035[b]		

a. MS(rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredN

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	47.369	1	47.369	3777.758	.000
	Error	.025	2	.013[a]		
treatment	Hypothesis	15.058	5	3.012	350.496	.000
	Error	.086	10	.009[b]		
rep	Hypothesis	.025	2	.013	1.459	.278
	Error	.086	10	.009[b]		

a. MS(rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredfiftyN

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	28.779	1	28.779	15371.442	.000
	Error	.004	2	.002[a]		
treatment	Hypothesis	5.154	5	1.031	421.470	.000
	Error	.024	10	.002[b]		
rep	Hypothesis	.004	2	.002	.766	.491
	Error	.024	10	.002[b]		

a. MS(rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TwohundredN

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	22.736	1	22.736	15801.270	.000
	Error	.003	2	.001[a]		
treatment	Hypothesis	3.108	5	.622	395.393	.000
	Error	.016	10	.002[b]		
rep	Hypothesis	.003	2	.001	.915	.432
	Error	.016	10	.002[b]		

a. MS(rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HundredNonN

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	29.773	1	29.773	5850.682	.000
	Error	.010	2	.005[a]		
treatment	Hypothesis	8.277	5	1.655	383.017	.000
	Error	.043	10	.004[b]		
rep	Hypothesis	.010	2	.005	1.177	.347
	Error	.043	10	.004[b]		

a. MS(rep)

b. MS(Error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค. 2 ประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสี

ค. 2.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีโดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ZeroZ

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	.220	1	.220	331.973	.003
	Error	.001	2	.001[a]		
treatment	Hypothesis	.017	5	.003	54.590	.000
	Error	.001	10	6.33E-005[b]		
rep	Hypothesis	.001	2	.001	10.466	.004
	Error	.001	10	6.33E-005[b]		

a. MS(rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredZ

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	9.353	1	9.353	98971.561	.000
	Error	.000	2	9.45E-005[a]		
treatment	Hypothesis	.636	5	.127	36.600	.000
	Error	.035	10	.003[b]		
rep	Hypothesis	.000	2	9.45E-005	.027	.973
	Error	.035	10	.003[b]		

a. MS(rep)

b. MS(Error)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredNonZ

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	6.351	1	6.351	6924.639	.000
	Error	.002	2	.001[a]		
treatment	Hypothesis	.496	5	.099	372.096	.000
	Error	.003	10	.000[b]		
rep	Hypothesis	.002	2	.001	3.440	.073
	Error	.003	10	.000[b]		

a. MS(rep)

b. MS(Error)

ค. 2.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีของหญ้าแฝก กลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์โดยวิธี ANOVA

Oneway Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ZeroN

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	.175	1	.175	2486.681	.000
	Error	.000	2	7.04E-005[a]		
treatment	Hypothesis	.012	5	.002	35.376	.000
	Error	.001	10	6.71E-005[b]		
rep	Hypothesis	.000	2	7.04E-005	1.050	.386
	Error	.001	10	6.71E-005[b]		

a. MS(rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredN

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	6.960	1	6.960	1723.670	.001
	Error	.008	2	.004[a]		
treatment	Hypothesis	.576	5	.115	139.312	.000
	Error	.008	10	.001[b]		
rep	Hypothesis	.008	2	.004	4.883	.033
	Error	.008	10	.001[b]		

a. MS(rep)

b. MS(Error)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FivehundredNonN

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	4.635	1	4.635	18710.463	.000
	Error	.000	2	.000[a]		
treatment	Hypothesis	.447	5	.089	1114.830	.000
	Error	.001	10	8.03E-005[b]		
rep	Hypothesis	.000	2	.000	3.087	.090
	Error	.001	10	8.03E-005[b]		

a. MS(rep)

b. MS(Error)

ภาคผนวก ง

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้านการเจริญเติบโต

ง. 1 จำนวนต้นต่อกอ

ง. 1.1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยจำนวนต้นต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมโดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

FiftyL

	Tr	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	12.8300		
	30.00	3	16.6867		
	45.00	3	17.7560		
	75.00	3		23.8953	
	60.00	3		25.7533	
	90.00	3			48.4533
	Sig.		.059	.421	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 7.361.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

HundredL

	Tr	N	Subset 1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	23.7333			
	45.00	3		40.8767		
	30.00	3		42.8300		
	60.00	3		43.3267		
	75.00	3			55.6433	
	90.00	3				74.4867
	Sig.		1.000	.593	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) = 26.967.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

HundredfiftyL

	Tr	N	Subset		
			1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	41.6967		
	45.00	3		58.9533	
	30.00	3		59.4167	
	60.00	3		66.0367	
	75.00	3		67.4367	
	90.00	3			104.2467
	Sig.		1.000	.179	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 44.974.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Twohundred

	Tr	N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	7.6667			
	30.00	3	9.6667	9.6667		
	45.00	3	11.6667	11.6667	11.6667	
	60.00	3		13.0000	13.0000	
	75.00	3			15.6667	15.6667
	90.00	3				20.0000
	Sig.		.085	.143	.085	.056

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 6.022.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredNon

	Tr	N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	7.3333			
	30.00	3		12.3333		
	45.00	3		14.6667	14.6667	
	60.00	3		15.6667	15.6667	
	75.00	3			18.0000	18.0000
	90.00	3				21.3333
	Sig.		1.000	.164	.164	.147

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 6.756.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง. 1.2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยจำนวนต้นต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมโดย วิธี DMRT

Homogeneous Subset

Zero

	Tr	N	Subset 1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	8.0000			
	30.00	3	10.0000			
	45.00	3		12.6667		
	60.00	3			15.0000	
	75.00	3				18.6667
	90.00	3				20.3333
	Sig.		.070	1.000	1.000	.122

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.456.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

Fifty

	Tr	N	Subset 1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	9.3333			
	30.00	3	10.0000			
	45.00	3	11.3333	11.3333		
	60.00	3		14.0000	14.0000	
	75.00	3			16.0000	16.0000
	90.00	3				19.3333
	Sig.		.279	.141	.258	.073

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 4.167.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

Hundred

	Tr	N	Subset 1	2	3	4	5
Duncan[a,b]	15.00	3	7.3333				
	30.00	3	9.0000	9.0000			
	45.00	3		10.3333	10.3333		
	60.00	3			12.6667	12.6667	
	75.00	3				15.0000	
	90.00	3					19.0000
	Sig.		.147	.237	.053	.053	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.689.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

Hundredfifty

	Tr	N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	6.0000			
	30.00	3	8.6667	8.6667		
	45.00	3		9.3333		
	60.00	3		11.0000	11.0000	
	75.00	3			14.0000	
	90.00	3				18.6667
	Sig.		.091	.149	.062	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 3.056.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Twohundred

	Tr	N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	5.6667			
	30.00	3	7.3333	7.3333		
	45.00	3		10.0000	10.0000	
	60.00	3		10.3333	10.3333	
	75.00	3			12.3333	
	90.00	3				18.0000
	Sig.		.250	.062	.133	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 2.789.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredNon

	Tr	N	Subset		
			1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	8.6667		
	30.00	3	9.0000		
	45.00	3	11.0000	11.0000	
	60.00	3		12.3333	
	75.00	3			16.0000
	90.00	3			19.0000
	Sig.		.136	.355	.054

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 2.833.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง. 1.3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยจำนวนต้นต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสี โดย วิธี DMRT

Homogeneous Subset

Zero

	Tr	N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	9.6667			
	30.00	3	12.0000			
	45.00	3		15.0000		
	60.00	3			19.0000	
	75.00	3			21.0000	21.0000
	90.00	3				22.3333
	Sig.		.113	1.000	.167	.344

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 2.700.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

Fivehundred

	Tr	N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	6.0000			
	30.00	3	9.0000	9.0000		
	45.00	3		11.6667	11.6667	
	60.00	3			14.6667	14.6667
	75.00	3				16.3333
	90.00	3				17.3333
	Sig.		.072	.104	.072	.118

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 3.333.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

FivehundredNon

	Tr	N	Subset		
			1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	7.3333		
	30.00	3	9.3333		
	45.00	3		12.3333	
	60.00	3		14.0000	
	75.00	3			17.0000
	90.00	3			18.0000
	Sig.		.087	.145	.365

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.667.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง. 1.4 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยจำนวนต้นต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสี โดย วิธี DMRT

Homogeneous Subset

Zero

	Tr	N	Subset 1	2	3	4	5
Duncan[a,b]	15.00	3	8.0000				
	30.00	3	10.0000	10.0000			
	45.00	3		13.0000	13.0000		
	60.00	3			14.0000	14.0000	
	75.00	3				17.0000	17.0000
	90.00	3					18.6667
	Sig.		.219	.078	.527	.078	.300

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 3.489.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

Fivehundred

	Tr	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	5.0000		
	30.00	3	6.0000		
	45.00	3		8.6667	
	60.00	3		9.3333	
	75.00	3		11.0000	11.0000
	90.00	3			13.3333
	Sig.		.390	.073	.062

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.856.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

FivehundredNon

	Tr	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	5.3333		
	30.00	3	7.6667	7.6667	
	60.00	3		8.0000	
	45.00	3		9.0000	
	75.00	3			12.3333
	90.00	3			14.0000
	Sig.		.054	.262	.151

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.722.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

ศูนย์วิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง. 2 ความสูง

ง. 2.1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยความสูงของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมโดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

Zero

	Tr	N	Subset		
			1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	79.8000		
	30.00	3	82.6833		
	45.00	3	85.3000		
	60.00	3	93.8833	93.8833	
	75.00	3		105.8333	105.8333
	90.00	3			122.2667
	Sig.		.153	.190	.082

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 108.184.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

FiftyL

	Tr	N	Subset	
			1	2
Duncan[a,b]	15.00	3	76.9667	
	30.00	3	79.9333	
	45.00	3	83.0833	
	60.00	3	88.1000	
	75.00	3	92.2333	92.2333
	90.00	3		107.1333
	Sig.		.089	.073

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 83.236.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredL

	Tr	N	Subset		
			1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	73.0800		
	30.00	3	76.1900	76.1900	
	45.00	3	79.7133	79.7133	
	60.00	3	84.1333	84.1333	84.1333
	75.00	3		88.9667	88.9667
	90.00	3			98.2000
	Sig.		.129	.085	.056

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 58.239.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredfiftyL

	Tr	N	Subset 1	Subset 2
Duncan[a,b]	15.00	3	70.2567	
	30.00	3	75.9767	
	45.00	3	77.8400	77.8400
	60.00	3	82.7700	82.7700
	75.00	3	87.9933	87.9933
	90.00	3		96.3700
	Sig.		.068	.055

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 95.334.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

TwohundredL

	Tr	N	Subset 1	Subset 2
Duncan[a,b]	15.00	3	69.3200	
	30.00	3	73.7233	
	45.00	3	75.3767	
	60.00	3	80.0767	80.0767
	75.00	3	84.0100	84.0100
	90.00	3		94.0367
	Sig.		.110	.114

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 88.912.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredNonL

	Tr	N	Subset 1	Subset 2
Duncan[a,b]	15.00	3	74.0667	
	30.00	3	77.1000	
	45.00	3	81.6000	81.6000
	60.00	3	85.3000	85.3000
	75.00	3	89.1333	89.1333
	90.00	3		102.0200
	Sig.		.186	.080

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 142.941.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

ง. 2.2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยความสูงของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมโดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

Zero

	Tr	N	Subset 1	2	3
Duncan a,b	15.00	3	76.8333		
	30.00	3	87.4000		
	45.00	3	93.7833	93.7833	
	60.00	3		113.2167	113.2167
	75.00	3			123.2167
	90.00	3			132.6667
	Sig.		.108	.061	.070

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 126.651.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

FiftyL

	Tr	N	Subset 1	2	3
Duncan a,b	15.00	3	73.7333		
	30.00	3	86.9000	86.9000	
	45.00	3	91.9067	91.9067	
	60.00	3		103.6633	103.6633
	75.00	3			114.9067
	90.00	3			119.2333
	Sig.		.051	.068	.087

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 92.309.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredL

	Tr	N	Subset 1	2	3	4
Duncan a,b	15.00	3	68.5667			
	30.00	3	74.6267	74.6267		
	45.00	3		86.7667	86.7667	
	60.00	3			99.9033	99.9033
	75.00	3				104.0133
	90.00	3				108.6533
	Sig.		.361	.084	.065	.216

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 60.084.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredfiftyL

	Tr	N	Subset 1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	65.9767			
	30.00	3	71.4800			
	45.00	3		78.7500		
	60.00	3			89.9633	
	75.00	3			94.7333	94.7333
	90.00	3				99.4467
	Sig.		.074	1.000	.114	.118

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 11.373.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

TwohundredL

	Tr	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	65.1667		
	30.00	3	69.2333	69.2333	
	45.00	3	72.7500	72.7500	
	60.00	3	83.6267	83.6267	83.6267
	75.00	3		86.6333	86.6333
	90.00	3			93.8633
	Sig.		.073	.089	.283

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 111.174.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredNonL

	Tr	N	Subset 1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	71.2000			
	30.00	3	78.5833	78.5833		
	45.00	3		88.0333	88.0333	
	60.00	3			100.1667	100.1667
	75.00	3				110.3900
	90.00	3				113.4667
	Sig.		.234	.136	.064	.054

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 50.938.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

ง. 2.3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยความสูงของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีโดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

Zero

Duncan[a,b]

Tr	N	Subset 1	2	3	4
15.00	3	77.1333			
30.00	3	86.1000	86.1000		
45.00	3	88.3400	88.3400		
60.00	3		97.2600	97.2600	
75.00	3			108.0467	108.0467
90.00	3				118.5233
Sig.		.139	.141	.136	.147

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 66.553.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Fivehundred

Duncan[a,b]

Tr	N	Subset 1	2
15.00	3	63.2133	
30.00	3	69.2000	69.2000
45.00	3	71.5333	71.5333
60.00	3		72.9667
75.00	3		73.0167
90.00	3		74.5800
Sig.		.057	.211

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 20.637.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FivehundredNon

Duncan[a,b]

Tr	N	Subset 1	2
15.00	3	66.4433	
30.00	3	72.5100	72.5100
45.00	3	74.6700	74.6700
60.00	3	76.2133	76.2133
75.00	3	79.7333	79.7333
90.00	3		82.1967
Sig.		.053	.140

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 46.282.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

ง. 2.4 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยความสูงของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีโดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

Zero

	Tr	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	82.7967		
	30.00	3	87.0600		
	45.00	3	94.8000	94.8000	
	60.00	3		111.2200	111.2200
	75.00	3			121.7400
	90.00	3			130.4267
	Sig.		.217	.088	.061

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 113.440.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Fivehundred

	Tr	N	Subset 1	2
Duncan[a,b]	15.00	3	65.0333	
	30.00	3	73.0267	73.0267
	45.00	3	75.4200	75.4200
	60.00	3	79.5833	79.5833
	75.00	3		82.3100
	90.00	3		89.1333
	Sig.		.077	.057

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 71.249.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

FivehundredNon

	Tr	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	69.0433		
	30.00	3	76.8333	76.8333	
	45.00	3	80.5833	80.5833	
	60.00	3		84.8567	84.8567
	75.00	3		89.4900	89.4900
	90.00	3			95.9700
	Sig.		.107	.087	.119

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 58.049.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

ง. 3 น้ำหนักแห้ง

ง. 3.1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมโดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

Zero

	Treatment	N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	16.2933			
	30.00	3	18.8833	18.8833		
	45.00	3		22.4333		
	60.00	3			34.0733	
	75.00	3				39.6200
	90.00	3				43.4000
	Sig.		.311	.174	1.000	.150

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 8.830.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

FiftyL

	Treatment	N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	15.9600			
	30.00	3	16.8833			
	45.00	3		23.2000		
	60.00	3			31.4067	
	75.00	3				37.6200
	90.00	3				41.0667
	Sig.		.665	1.000	1.000	.127

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 6.420.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

HundredL

	Treatment	N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	12.9200			
	30.00	3	15.1033	15.1033		
	45.00	3		18.3067		
	60.00	3			30.5567	
	75.00	3			33.7900	
	90.00	3				39.6233
	Sig.		.280	.125	.122	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 5.485.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

HundredfiftyL

	Treatment	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	12.1900		
	30.00	3	14.3567		
	45.00	3	17.3533		
	60.00	3		31.5633	
	75.00	3		34.8567	34.8567
	90.00	3			37.6267
	Sig.		.059	.185	.259

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 8.041.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

TwohundredL

	Treatment	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	11.7933		
	30.00	3	13.8500		
	45.00	3	15.8367		
	60.00	3		29.0633	
	75.00	3		33.7200	33.7200
	90.00	3			36.6733
	Sig.		.131	.076	.238

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 8.296.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredNonL

	Treatment	N	Subset 1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	13.7667			
	30.00	3	14.4133			
	45.00	3		19.5233		
	60.00	3			31.2433	
	75.00	3			34.6867	34.6867
	90.00	3				36.9733
	Sig.		.777	1.000	.153	.328

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 7.425.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง. 3.2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมโดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

Zero

	Treament	N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	17.9233			
	30.00	3	21.0767	21.0767		
	45.00	3		25.7100		
	60.00	3			36.9300	
	75.00	3			40.2833	
	90.00	3				45.8033
	Sig.		.161	.050	.139	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 6.513.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Fifty

	Treament	N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	16.2567			
	30.00	3	17.4100	17.4100		
	45.00	3		22.3767		
	60.00	3			35.9867	
	75.00	3			39.9500	39.9500
	90.00	3				43.8033
	Sig.		.660	.080	.151	.161

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 9.724.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Hundred

	Treament	N	Subset		
			1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	14.7333		
	30.00	3	18.5800		
	45.00	3	20.2300		
	60.00	3		31.7967	
	75.00	3		35.5867	
	90.00	3			41.5600
	Sig.		.074	.182	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 10.452.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Hundredfifty

	Treament	N	Subset 1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	13.6767			
	30.00	3		17.3800		
	45.00	3		19.9200		
	60.00	3			30.5567	
	75.00	3				37.9667
	90.00	3				39.1900
	Sig.		1.000	.099	1.000	.402

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 2.924.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Twohundred

	Treament	N	Subset 1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	12.5600			
	30.00	3	15.2733	15.2733		
	45.00	3		18.0233		
	60.00	3			28.6167	
	75.00	3				35.3033
	90.00	3				37.0400
	Sig.		.058	.055	1.000	.200

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 2.403.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredNon

	Treament	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	15.8433		
	30.00	3	19.2467		
	45.00	3	20.5633		
	60.00	3		33.7967	
	75.00	3		35.9200	35.9200
	90.00	3			40.8933
	Sig.		.147	.476	.114

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 12.342.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

ง. 3.3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียมโดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

ZeroR

	Treatment	N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan[a,b]	30.00	3	9.1200			
	45.00	3	10.4133			
	15.00	3	10.5167			
	60.00	3		14.1100		
	75.00	3			20.0567	
	90.00	3				25.1867
	Sig.		.391	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) = 3.315.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

FiftyR

	Treatment	N	Subset		
			1	2	3
Duncan[a,b]	30.00	3	8.5867		
	45.00	3	8.9133		
	15.00	3	9.5167		
	60.00	3		14.0400	
	75.00	3		17.8300	
	90.00	3			22.9300
	Sig.		.659	.081	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 5.718.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredR

	Treatment	N	Subset		
			1	2	3
Duncan[a,b]	30.00	3	8.1300		
	45.00	3	8.4800		
	15.00	3	8.5533		
	60.00	3	12.9067	12.9067	
	75.00	3		16.9133	16.9133
	90.00	3			20.6167
	Sig.		.071	.099	.124

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 7.301.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

HundredfiftyR

	Treatment	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	30.00	3	7.6533		
	45.00	3	7.8633		
	15.00	3	7.8700		
	60.00	3		12.7133	
	75.00	3			16.4967
	90.00	3			16.8100
	Sig.		.897	1.000	.845

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 3.649.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

TwohundredR

	Treatment	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	5.0600		
	45.00	3	6.3867		
	30.00	3	6.8933		
	60.00	3		10.7767	
	75.00	3			14.0767
	90.00	3			17.1700
	Sig.		.237	1.000	.050

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 2.902.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง. 3.4 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมแคดเมียม โดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

ZeroR

	Treament	N	Subset 1	2	3	4
Duncan[a,b]	30.00	3	10.5000			
	45.00	3	11.7300	11.7300		
	15.00	3	12.6167	12.6167		
	60.00	3		15.7800		
	75.00	3			22.2767	
	90.00	3				27.2767
	Sig.		.350	.090	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) = 6.362.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

FiftyR

	Treament	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	30.00	3	9.1600		
	15.00	3	10.0333	10.0333	
	45.00	3	10.0567	10.0567	
	60.00	3		14.7733	
	75.00	3			20.2767
	90.00	3			23.1367
	Sig.		.691	.055	.202

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 6.565.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

HundredR

	Treament	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	7.4867		
	30.00	3		12.2000	
	45.00	3		12.7467	
	60.00	3		13.6300	
	75.00	3		15.1533	
	90.00	3			21.4967
	Sig.		1.000	.142	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 4.489.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

HundredfiftyR

	Treament	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
Duncan[a,b]	15.00	3	7.1600		
	30.00	3		11.1800	
	45.00	3		11.6933	
	60.00	3		13.9033	
	75.00	3			19.8633
	90.00	3			21.7133
	Sig.		1.000	.150	.294

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 4.179.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

TwohundredR

	Treament	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3	Subset 4
Duncan[a,b]	15.00	3	6.7767			
	30.00	3	10.2500	10.2500		
	45.00	3		10.8133		
	60.00	3		12.2300	12.2300	
	75.00	3			15.0400	
	90.00	3				22.1433
	Sig.		.051	.256	.104	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 3.696.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HunDredNonR

	Treament	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
Duncan[a,b]	15.00	3	8.7333		
	30.00	3	10.8667	10.8667	
	45.00	3		13.4200	
	60.00	3		14.5867	
	75.00	3		14.5867	
	90.00	3			20.2833
	Sig.		.231	.065	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 4.197.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

ง. 3.5 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีโดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

ZeroL

	Treament	N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	17.1367			
	30.00	3	18.7300	18.7300		
	45.00	3		23.8033		
	60.00	3			33.1100	
	75.00	3				39.6200
	90.00	3				44.2367
	Sig.		.536	.069	1.000	.093

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 9.289.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

FivehundredL

	Treament	N	Subset		
			1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	20.5733		
	60.00	3		24.5567	
	45.00	3		25.5733	
	30.00	3		26.2100	
	75.00	3		26.4700	26.4700
	90.00	3			29.5033
	Sig.		1.000	.233	.057

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 2.970.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FivehundredNonL

	Treament	N	Subset	
			1	2
Duncan[a,b]	15.00	3	21.0767	
	30.00	3	24.2867	24.2867
	45.00	3		25.1633
	60.00	3		25.5967
	75.00	3		26.1233
	90.00	3		27.5367
	Sig.		.077	.097

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 3.990.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

ง. 3.6 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีโดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

ZeroL

	Treament	N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	17.1000			
	30.00	3	20.3533	20.3533		
	45.00	3		26.2233		
	60.00	3			37.1333	
	75.00	3			41.2533	
	90.00	3				47.3933
	Sig.		.265	.059	.166	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 11.380.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

FivehundredL

	Treament	N	Subset		
			1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	18.7300		
	30.00	3		25.5033	
	45.00	3		26.3733	
	60.00	3		27.4233	27.4233
	75.00	3		28.3500	28.3500
	90.00	3			31.6767
	Sig.		1.000	.241	.085

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 6.814.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

FivehundredNonL

	Treament	N	Subset	
			1	2
Duncan[a,b]	15.00	3	21.5867	
	30.00	3	27.2200	27.2200
	45.00	3		28.2700
	60.00	3		29.8733
	75.00	3		30.8067
	90.00	3		32.1867
	Sig.		.065	.124

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 11.076.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

ง. 3.7 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีโดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

ZeroR

	Treament	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	45.00	3	9.9300		
	30.00	3	10.2000		
	15.00	3	11.0300		
	60.00	3	14.1100	14.1100	
	75.00	3		18.7233	
	90.00	3			25.2767
	Sig.		.116	.069	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 7.717.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

FivehundredR

	Treament	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	9.2367		
	30.00	3	10.5833	10.5833	
	45.00	3	11.4600	11.4600	11.4600
	60.00	3		12.2067	12.2067
	75.00	3			13.3467
	90.00	3			13.8600
	Sig.		.073	.175	.061

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.688.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

FivehundredNonR

	Treament	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	10.3267		
	30.00	3	11.4433	11.4433	
	45.00	3	12.1500	12.1500	
	60.00	3		13.3867	13.3867
	75.00	3			15.4133
	90.00	3			15.9333
	Sig.		.142	.120	.050

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1.795.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

ง. 3.8 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่ปลูกในกระถางที่เติมสังกะสีโดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

ZeroR

	Treament	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
Duncan[a,b]	30.00	3	9.9667		
	45.00	3	11.9000		
	15.00	3	12.0000		
	60.00	3		16.7233	
	75.00	3		19.7567	
	90.00	3			24.7800
	Sig.		.193	.054	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 2.902.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

FivehundredR

	Treament	N	Subset 1	Subset 2
Duncan[a,b]	15.00	3	9.7133	
	30.00	3	10.9533	
	45.00	3	12.4633	12.4633
	60.00	3	12.8500	12.8500
	75.00	3		14.4833
	90.00	3		15.8033
	Sig.		.066	.052

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 3.004.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

FivehundredNonR

	Treament	N	Subset 1	Subset 2
Duncan[a,b]	15.00	3	10.8900	
	30.00	3	11.8067	
	45.00	3		15.9600
	60.00	3		16.1567
	75.00	3		17.5633
	90.00	3		18.7967
	Sig.		.495	.068

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 2.518.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

ภาคผนวก จ

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้านการสะสมโลหะหนัก

จ. 1 การสะสมแคดเมียม

จ. 1.1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยการสะสมแคดเมียมในส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีโดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

FiftyL

	Tr	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	12.8300		
	30.00	3	16.6867		
	45.00	3	17.7560		
	75.00	3		23.8953	
	60.00	3		25.7533	
	90.00	3			48.4533
	Sig.		.059	.421	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 7.361.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

HundredL

	Tr	N	Subset 1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	23.7333			
	45.00	3		40.8767		
	30.00	3		42.8300		
	60.00	3		43.3267		
	75.00	3			55.6433	
	90.00	3				74.4867
	Sig.		1.000	.593	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) = 26.967.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

HundredfiftyL

	Tr	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
Duncan[a,b]	15.00	3	41.6967		
	45.00	3		58.9533	
	30.00	3		59.4167	
	60.00	3		66.0367	
	75.00	3		67.4367	
	90.00	3			104.2467
	Sig.		1.000	.179	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 44.974.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

TwohundredL

	Tr	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3	Subset 4
Duncan[a,b]	15.00	3	55.4460			
	30.00	3	66.8037	66.8037		
	75.00	3		74.1767		
	60.00	3		78.3167		
	45.00	3			92.9533	
	90.00	3				127.2723
	Sig.		.086	.095	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) = 53.525.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredNonL

	Tr	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
Duncan[a,b]	15.00	3	20.5890		
	60.00	3		30.6130	
	45.00	3		32.4320	
	75.00	3		36.6730	
	30.00	3		39.7433	
	90.00	3			60.6583
	Sig.		1.000	.087	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 30.231.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จ. 1.2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยการสะสมแคดเมียมในส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์โดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

FiftyL

			Subset			
	Tr	N	1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	11.1000			
	30.00	3	13.4933	13.4933		
	45.00	3		15.5833	15.5833	
	60.00	3			17.9567	
	75.00	3			18.2467	
	90.00	3				28.4700
	Sig.		.116	.164	.097	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 2.901.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredL

			Subset			
	Tr	N	1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	15.9967			
	30.00	3		30.7567		
	45.00	3		33.7300	33.7300	
	60.00	3		37.8400	37.8400	
	75.00	3			42.7600	
	90.00	3				61.2867
	Sig.		1.000	.148	.073	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 27.985.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredfiftyL

			Subset			
	Tr	N	1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	21.4600			
	30.00	3		42.1267		
	45.00	3		48.2000		
	75.00	3			59.7067	
	60.00	3			65.3333	
	90.00	3				89.9200
	Sig.		1.000	.196	.228	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 28.776.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

TwohundredL

	Tr	N	Subset 1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	40.4267			
	30.00	3	53.2767	53.2767		
	45.00	3		64.4767	64.4767	
	75.00	3		68.2200	68.2200	
	60.00	3			76.9500	
	90.00	3				111.8300
	Sig.		.080	.056	.101	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 65.443.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredNonL

	Tr	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	11.4033		
	30.00	3		24.2833	
	60.00	3		25.8600	
	45.00	3		27.6267	
	75.00	3		33.2967	
	90.00	3			46.2367
	Sig.		1.000	.066	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 24.986.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จ. 1.3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยการสะสมแคดเมียมในส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีโดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

FiftyR

	Tr	N	Subset 1	Subset 2
Duncan[a,b]	15.00	3	159.7400	
	60.00	3		275.8757
	30.00	3		278.6633
	75.00	3		313.2433
	45.00	3		351.8733
	90.00	3		373.7600
	Sig.		1.000	.083

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 3266.260.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredR

	Tr	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
Duncan[a,b]	15.00	3	384.8533		
	30.00	3		511.5633	
	75.00	3		518.3433	
	60.00	3		557.4100	
	90.00	3		560.9167	
	45.00	3			696.2667
	Sig.		1.000	.304	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 2712.745.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredfiftyR

	Tr	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
Duncan[a,b]	15.00	3	517.4133		
	75.00	3	526.5067		
	30.00	3	636.7133	636.7133	
	60.00	3	655.7233	655.7233	
	90.00	3		726.9300	726.9300
	45.00	3			892.9033
	Sig.		.126	.292	.057

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 8975.873.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

TwohundredR

	Tr	N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan[a,b]	75.00	3	734.8933			
	90.00	3	797.4733			
	60.00	3	859.1517	859.1517		
	30.00	3		985.2600	985.2600	
	15.00	3			1088.2733	
	45.00	3				1295.8633
	Sig.		.087	.072	.131	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 5889.817.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredNonR

	Tr	N	Subset	
			1	2
Duncan[a,b]	15.00	3	359.7903	
	30.00	3	376.6167	376.6167
	75.00	3	404.2327	404.2327
	90.00	3	413.9580	413.9580
	60.00	3		450.5503
	45.00	3		466.1800
	Sig.		.203	.051

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 2066.527.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จ. 1.4 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยการสะสมแคดเมียมในส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์โดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

FiftyR

	Tr	N	Subset 1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	126.6367			
	30.00	3		192.2333		
	60.00	3		222.6733	222.6733	
	75.00	3		232.6167	232.6167	
	45.00	3			265.1900	
	90.00	3				347.3767
	Sig.		1.000	.182	.162	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1086.548.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

HundredR

	Tr	N	Subset 1	2
Duncan [a,b]	30.00	3	279.6367	
	15.00	3	310.3300	
	45.00	3	364.2700	
	75.00	3		483.6233
	60.00	3		508.2333
	90.00	3		513.5033
	Sig.		.066	.484

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 2304.577.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

HundredfiftyR

	Tr	N	Subset 1
Duncan [a,b]	75.00	3	413.8967
	30.00	3	468.7367
	15.00	3	524.8900
	45.00	3	539.9133
	90.00	3	550.6967
	60.00	3	560.4867
	Sig.		.057

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 5759.865.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TwohundredR

	Tr	N	Subset 1
Duncan [a,b]	90.00	3	579.9600
	30.00	3	625.3900
	75.00	3	628.7500
	45.00	3	705.7200
	60.00	3	726.8867
	15.00	3	742.3433
	Sig.		.200

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 17553.448.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredNonR

	Tr	N	Subset 1	2	3	4
Duncan [a,b]	15.00	3	205.0533			
	30.00	3	244.5900	244.5900		
	45.00	3		274.5067	274.5067	
	60.00	3			333.1433	333.1433
	90.00	3				379.5167
	75.00	3				382.0700
	Sig.		.200	.323	.069	.135

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 1243.151.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จ. 2 การสะสมสังกะสี

ช. 2.1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยการสะสมสังกะสีในส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีโดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

ZeroL

	Treatment	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	75.00	3	2.3517		
	60.00	3	2.4953	2.4953	
	15.00	3	2.6287	2.6287	
	30.00	3	2.9483	2.9483	
	45.00	3		3.1883	
	90.00	3			3.8537
	Sig.		.088	.053	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .130.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

FivehundredL

	Treatment	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	105.8813		
	30.00	3	128.5857		
	45.00	3		175.5200	
	60.00	3			241.2423
	75.00	3			255.3123
	90.00	3			259.7197
	Sig.		.112	1.000	.205

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 254.249.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

FivehundredNonL

	Treatment	N	Subset 1	2	3	4	5
Duncan[a,b]	15.00	3	62.9903				
	30.00	3		88.4920			
	45.00	3			132.5420		
	60.00	3				167.3110	
	75.00	3				183.0543	183.0543
	90.00	3					191.9103
	Sig.		1.000	1.000	1.000	.116	.356

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 125.463.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

จ. 2.2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยการสะสมสังกะสีในส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์โดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

ZeroL

	Treatment	N	Subset 1	Subset 2
Duncan[a,b]	60.00	3	2.0419	
	90.00	3	2.0665	
	15.00	3	2.0829	
	75.00	3	2.0931	
	30.00	3	2.2662	2.2662
	45.00	3		2.6042
	Sig.		.313	.113

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .057.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

FivehundredL

	Treatment	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
Duncan[a,b]	15.00	3	100.4600		
	30.00	3	104.6267		
	45.00	3	121.9100		
	60.00	3		173.3367	
	75.00	3		196.8467	196.8467
	90.00	3			201.0367
	Sig.		.111	.073	.729

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 206.843.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

FivehundredNonL

	Treatment	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3	Subset 4
Duncan[a,b]	15.00	3	44.2900			
	30.00	3	67.5667	67.5667		
	45.00	3		90.4700	90.4700	
	60.00	3			113.4700	113.4700
	75.00	3				124.2433
	90.00	3				135.4333
	Sig.		.060	.064	.063	.085

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 181.317.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

จ. 2.3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยการสะสมสังกะสีในส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีโดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

ZeroR

	Treatment	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	90.00	3	17.1633		
	75.00	3		23.1367	
	15.00	3		25.3567	25.3567
	45.00	3		26.6500	26.6500
	60.00	3		27.4700	27.4700
	30.00	3			28.6833
	Sig.		1.000	.064	.141

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 5.663.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

FivehundredR

	Treatment	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	30.00	3	1007.2420		
	15.00	3	1015.4897		
	60.00	3		1190.2690	
	45.00	3		1199.4223	
	75.00	3		1266.3943	1266.3943
	90.00	3			1391.4237
	Sig.		.895	.259	.067

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 5543.875.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

FivehundredNonR

	Treatment	N	Subset 1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	757.4380		
	30.00	3	841.2360	841.2360	
	45.00	3	924.0537	924.0537	924.0537
	75.00	3		974.1667	974.1667
	60.00	3		1003.2780	1003.2780
	90.00	3			1040.8290
	Sig.		.054	.066	.167

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 8032.551.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

จ. 2.4 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยการสะสมสังกะสีในส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์โดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

ZeroR

	Treatment	N	Subset		
			1	2	3
Duncan[a,b]	90.00	3	17.7417		
	15.00	3	19.1567	19.1567	
	75.00	3	20.7537	20.7537	20.7537
	60.00	3		21.6930	21.6930
	45.00	3		22.7717	22.7717
	30.00	3			24.2088
	Sig.		.111	.068	.079

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 4.061.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

FivehundredR

	Treatment	N	Subset	
			1	2
Duncan[a,b]	15.00	3	836.1103	
	30.00	3	908.6842	908.6842
	45.00	3	949.0578	949.0578
	60.00	3	970.7731	970.7731
	75.00	3	1034.7395	1034.7395
	90.00	3		1131.3846
	Sig.		.077	.052

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 12913.022.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

FivehundredNonR

	Treatment	N	Subset		
			1	2	3
Duncan[a,b]	15.00	3	591.9997		
	30.00	3	633.3405	633.3405	
	45.00	3	656.0073	656.0073	
	60.00	3	716.0444	716.0444	716.0444
	75.00	3		755.2294	755.2294
	90.00	3			802.7165
	Sig.		.068	.072	.174

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 4801.133.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้านประสิทธิภาพการดูดดึงโลหะหนัก

ฉ. 1 ประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียม

ฉ. 1.1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีโดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

FiftyZ

	treatment	N	Subset 1	2	3	4	5
Duncan[a,b]	15.00	3	.7600				
	30.00	3	1.1600	1.1600			
	45.00	3		1.5533	1.5533		
	60.00	3			2.0533		
	75.00	3				2.8567	
	90.00	3					4.6333
	Sig.		.110	.115	.053	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) = .078.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredZ

	treatment	N	Subset 1	2	3	4	5
Duncan[a,b]	15.00	3	.7800				
	30.00	3	1.0600	1.0600			
	45.00	3		1.4600			
	60.00	3			1.8867		
	75.00	3				2.3400	
	90.00	3					3.2200
	Sig.		.169	.060	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) = .054.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredfiftyZ

	treatment	N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	.6767			
	30.00	3	.8400			
	45.00	3		1.1767		
	60.00	3			1.4933	
	75.00	3			1.6367	
	90.00	3				2.3667
	Sig.		.201	1.000	.257	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .021.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

TwohundredZ

	treatment	N	Subset				
			1	2	3	4	5
Duncan[a,b]	15.00	3	.6900				
	30.00	3	.8633	.8633			
	45.00	3		1.0833	1.0833		
	60.00	3			1.2800	1.2800	
	75.00	3				1.4233	
	90.00	3					2.0200
	Sig.		.157	.081	.113	.234	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .019.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredNonZ

	treatment	N	Subset				
			1	2	3	4	5
Duncan[a,b]	15.00	3	.6833				
	30.00	3	.8133				
	45.00	3		1.0900			
	60.00	3			1.5200		
	75.00	3				1.7467	
	90.00	3					2.3500
	Sig.		.108	1.000	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) = .008.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

ฉ. 1.2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการดูดดึงแคดเมียมของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ โดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

FiftyN

	treatment	N	Subset 1	2	3	4	5
Duncan[a,b]	15.00	3	.6333				
	30.00	3	.8900				
	45.00	3		1.3433			
	60.00	3			1.7300		
	75.00	3				2.3800	
	90.00	3					4.1033
	Sig.		.122	1.000	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) = .035.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredN

	treatment	N	Subset 1	2	3	4	5	6
Duncan[a,b]	15.00	3	.5600					
	30.00	3		.8267				
	45.00	3			1.1733			
	60.00	3				1.7533		
	75.00	3					2.1300	
	90.00	3						3.2900
	Sig.		1.000	1.000	1.000	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) = .009.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

HundredfiftyN

	treatment	N	Subset 1	2	3	4	5	6
Duncan[a,b]	15.00	3	.5900					
	30.00	3		.8833				
	45.00	3			1.0600			
	60.00	3				1.2867		
	75.00	3					1.4900	
	90.00	3						2.2767
	Sig.		1.000	1.000	1.000	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) = .002.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

TwohundredN

	treatment	N	Subset					
			1	2	3	4	5	6
Duncan[a,b]	15.00	3	.5967					
	30.00	3		.7800				
	45.00	3			.9733			
	60.00	3				1.2000		
	75.00	3					1.3100	
	90.00	3						1.8833
	Sig.		1.000	1.000	1.000	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) = .002.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

HundredNonN

	treatment	N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	.4267			
	30.00	3		.8633		
	45.00	3		.9300		
	60.00	3			1.4200	
	75.00	3			1.5067	
	90.00	3				2.5700
	Sig.		1.000	.243	.137	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = .004.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฉ. 2 ประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสี

ฉ 2.1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี โดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

ZeroZ

	treatment	N	Subset 1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	.0787			
	30.00	3	.0793			
	45.00	3	.0887			
	60.00	3		.1180		
	75.00	3			.1387	
	90.00	3				.1600
	Sig.		.172	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) = 6.33E-005.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

FivehundredZ

	treatment	N	Subset 1	2	3	4	5
Duncan[a,b]	15.00	3	.4353				
	30.00	3		.5677			
	60.00	3			.7140		
	45.00	3			.7310		
	75.00	3				.8610	
	90.00	3					1.0160
	Sig.		1.000	1.000	.731	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) = .003.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

FivehundredNonZ

	treatment	N	Subset 1	2	3	4	5	6
Duncan[a,b]	15.00	3	.3447					
	30.00	3		.4423				
	45.00	3			.5490			
	60.00	3				.6687		
	75.00	3					.7370	
	90.00	3						.8223
	Sig.		1.000	1.000	1.000	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) = .000.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.
b. Alpha = .05.

ฉ.2.2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยการแยกกลุ่มของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการดูดดึงสังกะสีของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ โดยวิธี DMRT

Homogeneous Subset

ZeroN

	treatment	N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan[a,b]	15.00	3	.0670			
	30.00	3	.0723	.0723		
	45.00	3		.0840		
	60.00	3			.1100	
	75.00	3			.1240	.1240
	90.00	3				.1343
	Sig.		.444	.112	.063	.153

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 6.71E-005.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

FivehundredN

	treatment	N	Subset					
			1	2	3	4	5	6
Duncan[a,b]	15.00	3	.3730					
	30.00	3		.4737				
	45.00	3			.5597			
	60.00	3				.6443		
	75.00	3					.7753	
	90.00	3						.9050
	Sig.		1.000	1.000	1.000	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) = .001.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

FivehundredNonN

	treatment	N	Subset					
			1	2	3	4	5	6
Duncan[a,b]	15.00	3	.2770					
	30.00	3		.3467				
	45.00	3			.4883			
	60.00	3				.5627		
	75.00	3					.6420	
	90.00	3						.7280
	Sig.		1.000	1.000	1.000	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) = 8.03E-005.

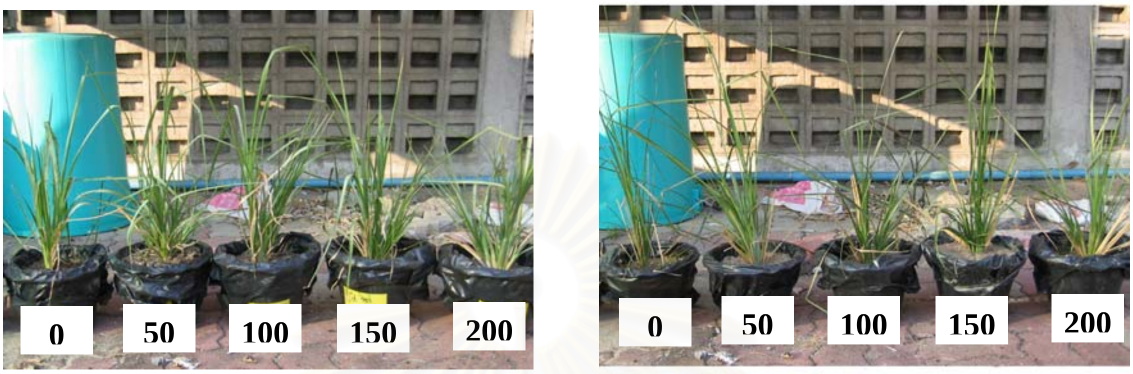
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

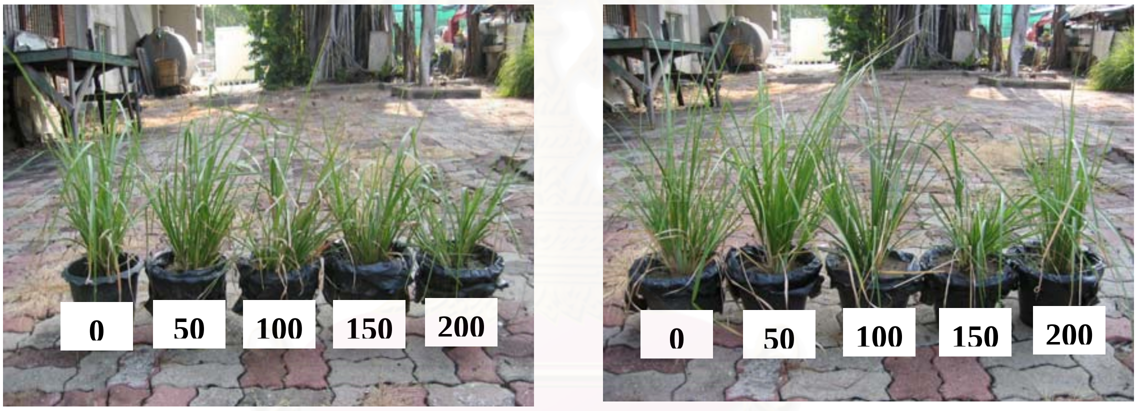
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช

การเจริญเติบโตของหญ้าแฝก

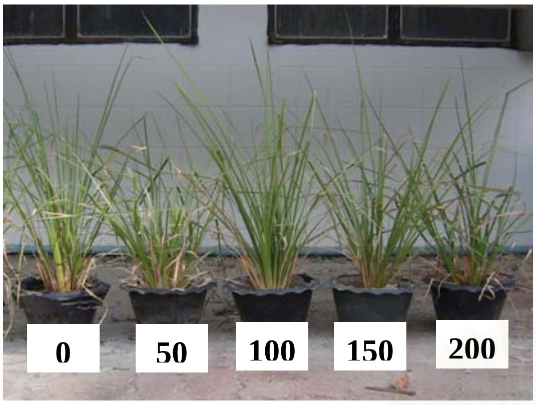


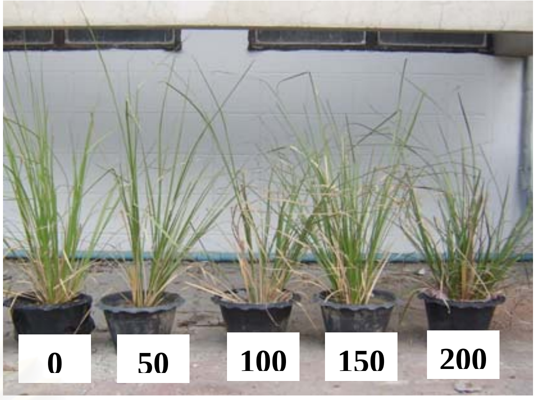
ระยะเวลา 15 วัน



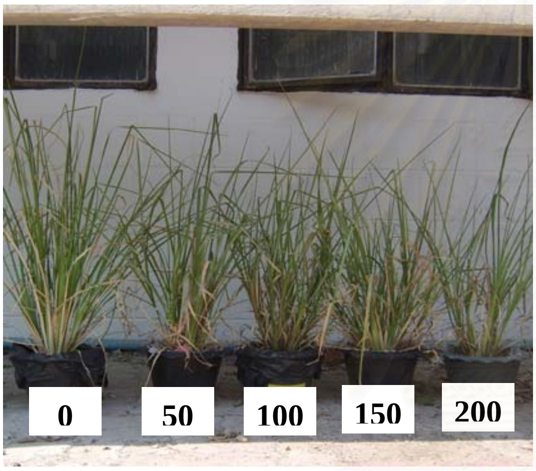
ระยะเวลา 30 วัน

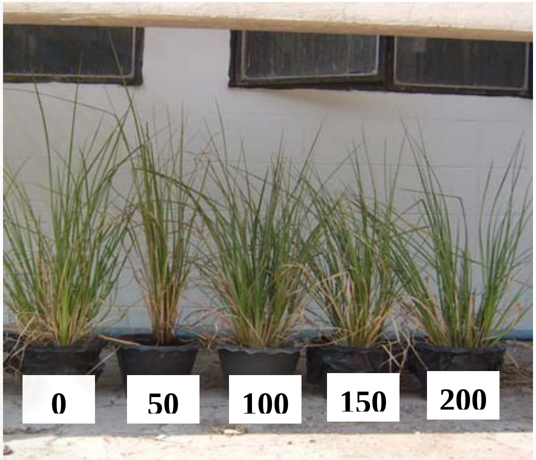
ระยะเวลา 45 วัน



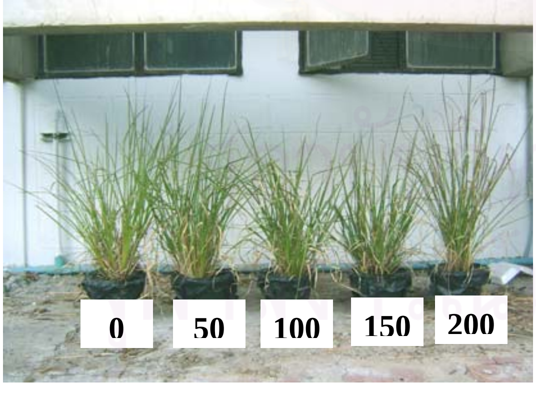


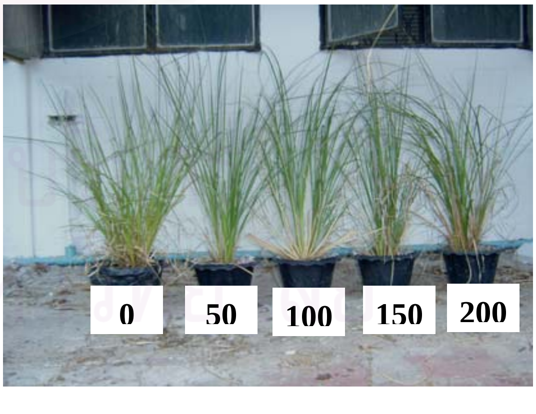
ระยะเวลา 60 วัน





ระยะเวลา 75 วัน

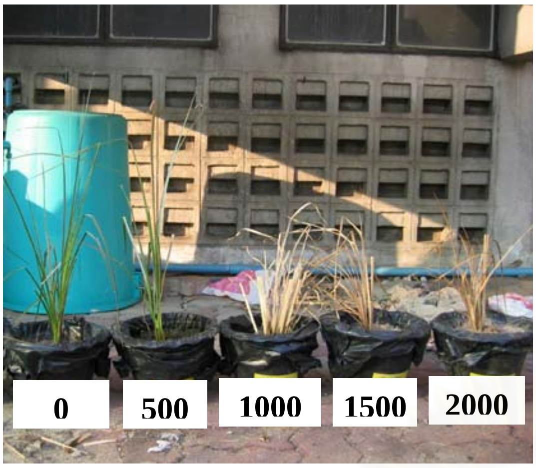


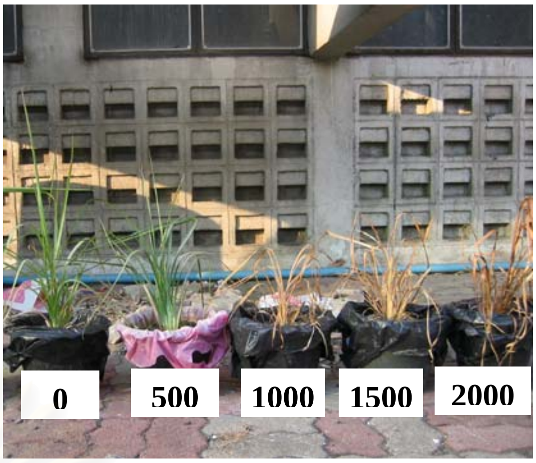


ระยะเวลา 90 วัน

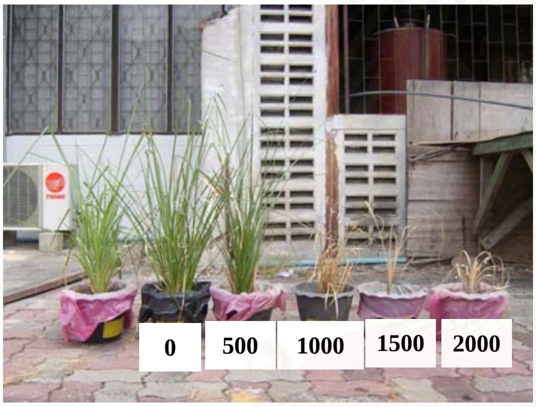
กลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี **กลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์**

รูปที่ ช. 1 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้ง 2 กลุ่มพันธุ์ (จัดวางกระถางเรียงจากซ้ายไปขวา)ตามลำดับของระดับความเข้มข้นของแคดเมียมที่ใส่ลงในดิน (0 50 100 150 200 mgCd /kgดิน)

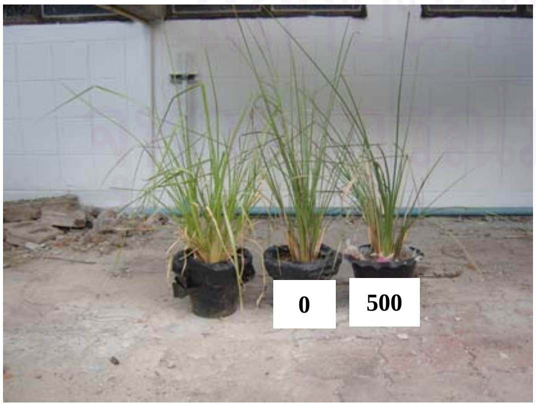


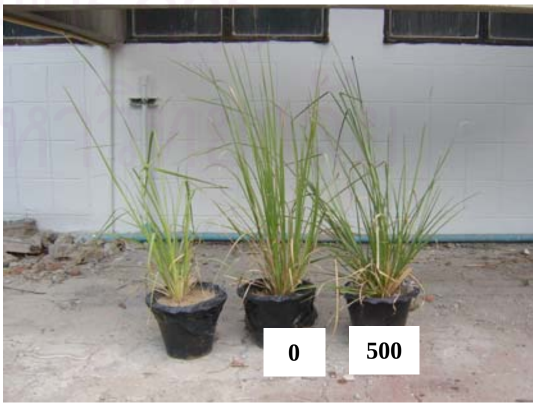


ระยะเวลา 15 วัน

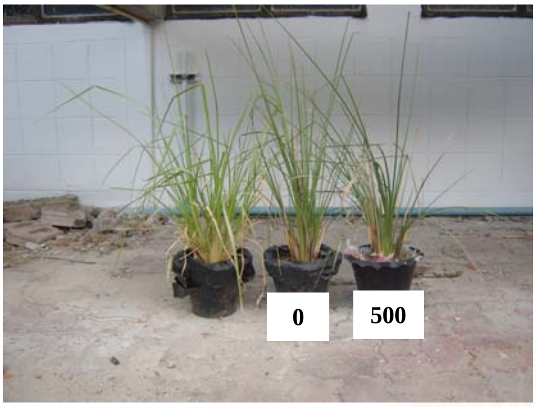


ระยะเวลา 30 วัน

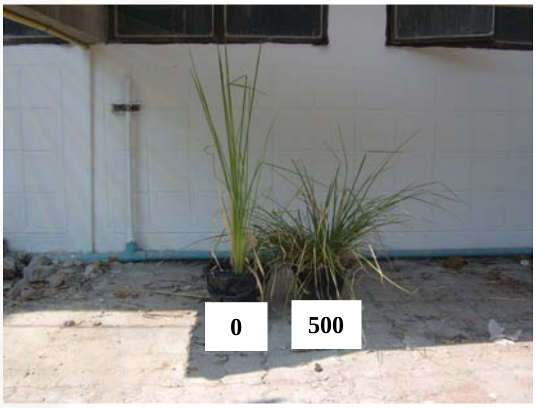




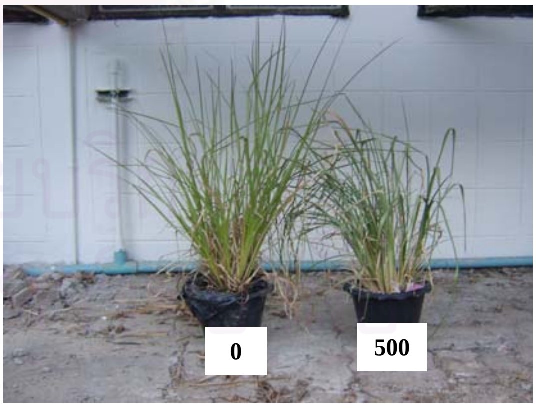
ระยะเวลา 45 วัน



ระยะเวลา 60 วัน



ระยะเวลา 75 วัน



ระยะเวลา 90 วัน

กลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี **กลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์**

รูปที่ ช. 2 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้ง 2 กลุ่มพันธุ์ (จัดวางกระถางเรียงจากซ้ายไปขวา)ตามลำดับของระดับความเข้มข้นของสังกะสีที่ใส่ลงในดิน(0 500 1,000 1,500 และ2,000 mgZn/kgดิน)

ภาคผนวก ซ

ค่ามาตรฐาน

ตารางที่ ซ. 1 ปริมาณจุลธาตุในระดับปกติที่มีอยู่ในดินและพืช และค่าวิกฤตในดินที่ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อพืชและคน (mg/kg)

ธาตุ	ความเข้มข้นในระดับปกติ		ค่าวิกฤติในดิน	เป็นพิษต่อคน
	ดิน	พืช		
สารหนู	0.1 – 5.0	0.1 – 5	20 – 40	คน,พืช
โบรอน	2 – 100	30 – 75		
แคดเมียม	0.1 – 2	0.2 – 0.8	1 – 3	คน
ทองแดง	2 – 100	4 – 15		
ฟลูออไรด์	30 – 300	2 – 20		
ตะกั่ว	0.1 – 30	0.1 – 10	70 – 300	คน,สัตว์
ปรอท	0.1 – 1	n.a.	2	คน
แมงกานีส	100 – 4,000	15 – 100		
นิกเกิล	2 – 50	1	50 – 100	พืช (คน)
สังกะสี	3 - 50	15 - 200	300 - 500	พืช

ที่มา : (ศุภมาศ , 2545)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ซ. 2 โลหะหนักของจุลธาตุพร้อมทั้งรูป (form) ทางเคมีที่พบในดินรวมทั้งปริมาณความเข้มข้นโดยเฉลี่ย

ธาตุ	**รูปทางเคมีในดิน**	**ปริมาณ (mg/kg)**
เหล็ก	Fe^{2+},Fe^{3+}	10,000 – 100,000
แมงกานีส	Mn^{2+},Mn^{3+},Mn^{4+}	200 – 3,000
สังกะสี	Zn^{2+}	10 – 300
ทองแดง	Cu^{2+}	10 – 20
แคดเมียม	Cd^{2+}	0.5 – 2
ปรอท	Hg^{2+}	0.1 – 3
ตะกั่ว	Pb^{2+}	2 - 100

ที่มา : (ปรีดา, 2541)

ตารางที่ ซ. 3 ปริมาณโลหะหนักที่อนุญาตให้มีได้ในดินของประเทศอังกฤษ

โลหะหนัก	**ปริมาณในดิน (mg/kgsoil)**
สังกะสี	300
ทองแดง	100
โครเมียม	100
นิกเกิล	50
ตะกั่ว	100
แคดเมียม	3
ปรอท	1
อาร์เซนิค	10
ซิลิเนียม	3

ที่มา : (ปรีดา, 2541)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ซ. 4 ปริมาณโลหะหนักที่อนุญาตให้ปนเปื้อนในดินกำหนดจาก C.E.C. ของดินเป็นหลัก

โลหะหนัก (กก/เฮกแตร์)	**C.E.C. ของดิน**		
	5	**5 - 10**	**> 15**
ตะกั่ว	560	1,120	22,120
สังกะสี	280	560	1,120
ทองแดง	140	280	560
นิกเกิล	5	10	20
แคดเมียม	4.4	8.9	17.8

ที่มา : (ปรีดา, 2541)

ตารางที่ ซ. 5 ปริมาณโลหะหนักที่อนุญาตให้ปนเปื้อนในดินกำหนดจาก pH ของดินเป็นหลัก

โลหะหนัก (mg/kgsoil)	**C.E.C. ของดิน**		
	5.0 – 5.5	**5.5 – 6.0**	**6.0 – 7.0**
สังกะสี	200	250	300
ทองแดง	80	100	135
นิกเกิล	50	60	75
ตะกั่ว	-	300	-
แคดเมียม	-	3	-
ปรอท	-	1	-

ที่มา : (ปรีดา, 2541)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวศศิธร ใฝ่สัจจะธรรม เกิดเมื่อวันที่ 25 มิถุนายน พ.ศ. 2523 ที่จังหวัดหนองคาย สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏอุดรธานี ในปีการศึกษา 2544 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2547

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย