

ประสิทธิภาพของแฝกหอม *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash
และแฝกดอน *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A. Camus
ในการกำจัดสารหนูที่ปนเปื้อนในดิน

นางสาว คุณลักษณะ จูติวร



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-0222-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFICIENCY OF ARSENIC REMOVAL FROM SOIL BY
Vetiveria zizanioides (Linn.) Nash AND *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A. Camus

MISS DUSALUK DHITIVARA

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Science
Inter-department of Environmental Science

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-13-0222-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ประสิทธิภาพของแฝกหอม *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash และ
แฝกคอง *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A.Camus ในการกำจัด
สารหนูที่ปนเปื้อนในดิน

โดย

นางสาวศุภลักษณ์ จูติวร

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

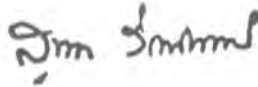
อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.รเชศ ศรีสถิตย์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เตือนใจ โก้สกุล

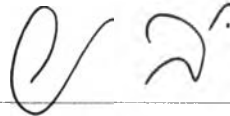
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

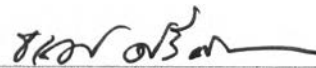
(ศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กิระนันท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบุลย์)



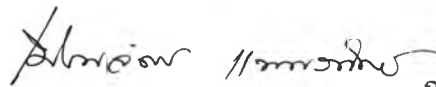
อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รเชศ ศรีสถิตย์)



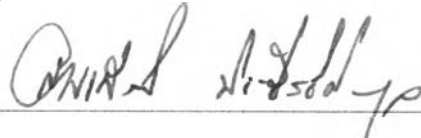
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เตือนใจ โก้สกุล)



กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์)



กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรรีติวรกุล)

คุณลักษณะ จิตินว : ประสิทธิภาพของแฝกหอม *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash และ แฝกดอน *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A. Camus ในการกำจัดสารหนูที่ปนเปื้อนในดิน (EFFICIENCY OF ARSENIC REMOVAL FROM SOIL BY *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash AND *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A. Camus) อ.ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ดร. เรศ ศรีสถิตย์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เตือนใจ โก้สกุล, 114 หน้า. ISBN 974-13-0222-3.

การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสารหนูจากดินของหญ้าแฝก 2 ชนิด คือแฝกหอม *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash กลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี และแฝกดอน *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A. Camus กลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ในกระถางทดลองที่ใส่สารประกอบ $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0 50 75 100 125 และ 150 มิลลิกรัมสารหนู/กิโลกรัมดินน้ำหนักแห้ง ทำการทดลองที่ระยะเวลา 15 30 45 60 75 และ 90 วัน จากการศึกษาการเจริญเติบโตโดยนับจำนวนต้นตอก วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกอ ความสูง และ ชั่งน้ำหนัก พบว่าหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกอ และจำนวนต้นตอกมากกว่า ในขณะที่กลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีความสูงและน้ำหนักแห้งมากกว่า และหญ้าแฝกมีอัตราการอยู่รอดร้อยละ 100 ของหญ้าแฝกที่ปลูกทั้งหมด โดยการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกในกระถางควบคุมซึ่งไม่ได้ใส่สารหนูลงในดินเมื่อเปรียบเทียบกับกระถางทดลองที่มีการใส่สารหนูลงในดินที่ระดับต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($P>0.05$) ทั้ง 2 กลุ่มพันธุ์

นอกจากนี้ในการศึกษาการสะสมสารหนูในส่วนใบและส่วนรากของหญ้าแฝก พบว่าหญ้าแฝกทั้ง 2 กลุ่มพันธุ์สะสมสารหนูไว้ในส่วนรากมากกว่าส่วนใบกับลำต้น โดยกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีสะสมในปริมาณที่มากกว่า และจากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสารหนูโดยคิดเป็นร้อยละเทียบกับปริมาณสารหนูที่ใส่ลงในดิน พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการปลูกที่นานขึ้นทั้ง 2 กลุ่มพันธุ์ โดยกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่ระยะเวลา 90 วันในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นของสารหนูในดิน 75 มิลลิกรัมสารหนู/กิโลกรัมดินน้ำหนักแห้งเท่ากับร้อยละ 0.0488 ของปริมาณสารหนูทั้งหมดในดิน ในขณะที่กลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์มีค่าสูงสุดที่ระยะเวลา 90 วันในกระถางที่มีระดับความเข้มข้นของสารหนูในดิน 125 มิลลิกรัมสารหนู/กิโลกรัมดินน้ำหนักแห้งเท่ากับร้อยละ 0.0398 ของปริมาณสารหนูทั้งหมดในดิน

ภาควิชา สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต อุษลักษณ์ จิตินว
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วิชาพร
ปีการศึกษา 2543 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม วิชาพร

4172290723 : MAJOR INTER-DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD : VETIVER GRASS / ARSENIC REMOVAL / PHYTOTREATMENT / BIOREMEDIATION

DUSALUK DHITIVARA : EFFICIENCY OF ARSENIC REMOVAL FROM SOIL BY
Vetiveria zizanioides (Linn.) Nash AND *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A. Camus THESIS
ADVISOR : ASSOC. PROF. THARES SRISATIT, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR :
ASSIST. PROF. TUENCHAI KOSAKUL, M.Sc., 114 pp. ISBN 974-13-0222-3.

Efficiency of arsenic removal from contaminated soil by two species of vetiver grasses, *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash [Surat Thani ecotype] and *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A. Camus [Prachuabkirikhan ecotype] was studied in difference concentration of arsenic ; 0 50 75 100 125 and 150 mgAs/kg soil dry weight, by disodium hydrogen arsenate ($\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). The growth ability; number of plants per clump, diameter of clump, height and dry weight were recorded every 15 days, on 6 consecutive occasions over a 90 day-trial period. It was found that growth of both species were not affected by arsenic ($p > 0.05$). In addition, *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash had number of plants per clump and diameter of clump higher than of *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A. Camus. In contrast, the height and dry weight of *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A. Camus was higher than of *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash.

Accumulation of arsenic in roots was higher than in leaves. Amount of arsenic accumulation in *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash was more than in *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A. Camus. In addition, arsenic removal efficiency by two species increased by exposed time . The highest efficiency of *Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash was 0.0488 %, at experimental time of 90 days in treatment of 75 mgAs/kg soil dry weight, and the highest efficiency of *Vetiveria nemoralis* (Balansa) A. Camus was 0.0398 %, at experimental time of 90 days in treatment of 125 mgAs/kg soil dry weight.

Department Inter-Department of Environmental Science..... Student's signature D. Dhitivara
Field of study Environmental Science..... Advisor's signature *T. Srisatit*
Academic year 2000..... Co-advisor's signature *T. Kosakul*



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความกรุณา ความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากหลายๆท่าน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชเรศ ศรีสถิตย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ความช่วยเหลือและความห่วงใยคอยไต่ถามความก้าวหน้าในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เตือนใจ โก้สกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ความช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมา รวมทั้งรองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์ รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะธีรศิริวิกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนาผลไพบูลย์ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ายังเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ และช่วยตรวจรายละเอียดต่างๆในวิทยานิพนธ์เพื่อให้เป็นวิทยานิพนธ์ที่มีความสมบูรณ์

ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณมูลนิธิชินโสภณพนิช บัณฑิตวิทยาลัย และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ที่สนับสนุนเงินทุนบางส่วนในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณการนิคมอุตสาหกรรม บางปู ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการวางกระถางทดลอง และที่พักในระหว่างที่ทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งบริษัทเคมิทรีค บีพี จำกัดที่เอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการเบื้องต้นเพื่อใช้ในการเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่าง และขอขอบคุณ คุณประทีป เอ่งฉ้วน และคุณลักษณะเมี้ยนกำเนิด ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกต่างๆตลอดระยะเวลาที่ทำวิทยานิพนธ์ ที่การนิคมอุตสาหกรรม บางปู อีกทั้งคุณณฤมล ลิ้มประยูร ที่กรุณาอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการเบื้องต้นของบริษัทเคมิทรีค บีพี จำกัด ทำให้การทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้เกิดความสะดวกและเป็นไปด้วยดี และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สถานีพัฒนาที่ดินปทุมธานีที่ให้ความอนุเคราะห์ดินกล้าหญ้าแฝก รวมทั้งคุณจรัญ สุขเกษม ที่ให้ความอนุเคราะห์ดินเพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณปานเทพ กล้าณรงค์ราญ และเจ้าหน้าที่สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ รวมทั้งเจ้าหน้าที่กรมพัฒนาที่ดินที่กรุณาเอื้อเฟื้อข้อมูลต่างๆมากมายเกี่ยวกับหญ้าแฝก ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ พี่ๆ และน้องทุกคนที่มีโอกาสอ่านนามได้หมด ณ ที่นี้ ซึ่งได้มอบทั้งกำลังใจและกำลังใจจนกระทั่งประกอบเป็นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขึ้น

ท้ายสุดนี้ที่จะลืมเสียมิได้คือ ครอบครัวของข้าพเจ้าเอง ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ ผู้ให้การสนับสนุนเงินทุน คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจสำคัญให้ข้าพเจ้าตลอดมา รวมทั้งขอขอบคุณน้ำใจที่งดงามของน้องชายของข้าพเจ้าเอง ซึ่งเป็นทั้งผู้ช่วยคนสำคัญ เป็นกำลังใจและคอยอยู่เป็นเพื่อนตลอดระยะเวลาที่ข้าพเจ้าทำวิทยานิพนธ์อยู่ที่นิคมอุตสาหกรรม บางปู

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | จ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ฉ |
| สารบัญ..... | ช |
| สารบัญตาราง..... | ฅ |
| สารบัญภาพ..... | ฉ |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์..... | 2 |
| 1.3 สมมติฐาน..... | 2 |
| 1.4 ขอบเขตการวิจัย..... | 2 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 3 |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 4 |
| 2.1 สารหนู..... | 4 |
| 2.1.1 คุณสมบัติทางเคมีของสารหนู..... | 4 |
| 2.1.2 แหล่งที่มาของสารหนู..... | 6 |
| 2.1.3 สารหนูในร่างกายมนุษย์..... | 9 |
| 2.1.4 มาตรฐานที่ควบคุมระดับสารหนู..... | 12 |
| 2.1.5 การแพร่กระจายและการเปลี่ยนรูปสารหนูในสิ่งแวดล้อม..... | 14 |
| 2.1.6 การปนเปื้อนสารหนูในประเทศไทย..... | 17 |
| 2.1.7 การบำบัดโดยพืช (phytoremediation) | 19 |
| 2.2 หญ้าแฝก..... | 22 |
| 2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์..... | 23 |
| 2.2.2 การเปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างหญ้าแฝกหอมและ หญ้าแฝกคอน..... | 27 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| 2.2.3 การจำแนกกลุ่มพันธุ์ (ecotype) หญ้าแฝกและเปรียบเทียบ การเจริญเติบโตในสภาพพื้นที่ต่างๆ..... | 29 |
| 2.2.4 คุณสมบัติพิเศษของหญ้าแฝกที่มีประโยชน์เกื้อกูลต่อการอนุรักษ์ ดินและน้ำ..... | 31 |
| 2.2.5 งานวิจัยที่ศึกษาความทนทานและการดูดซับสารพิษและโลหะหนัก ของหญ้าแฝก..... | 33 |
| 2.2.6 การใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝก..... | 34 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... | 36 |
| 3.1 วัสดุอุปกรณ์..... | 36 |
| 3.2 การดำเนินการศึกษา..... | 37 |
| 3.2.1 สถานที่ทำการศึกษา..... | 37 |
| 3.2.2 ระยะเวลาที่ทำการศึกษา..... | 37 |
| 3.2.3 การเตรียมดิน..... | 38 |
| 3.2.4 การเตรียมพืชทดลอง..... | 38 |
| 3.2.5 การใส่สารประกอบสารหนูลงในดิน..... | 39 |
| 3.2.6 การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและการเก็บเกี่ยว..... | 40 |
| 3.2.7 การวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูในตัวอย่างพืช..... | 42 |
| 3.2.8 การรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล..... | 42 |
| บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล..... | 44 |
| 4.1 ลักษณะทั่วไปของหญ้าแฝก..... | 44 |
| 4.2 ความสามารถในการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก..... | 46 |
| 4.2.1 การแตกกอ..... | 46 |
| 4.2.2 ขนาดกอ..... | 50 |
| 4.2.3 ความสูง..... | 54 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---------------|---|
| 4.2.4 | นำหนักแห้ง..... 58 |
| 4.3 | การสะสมสารหนูในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของหญ้าแฝก..... 66 |
| 4.3.1 | การสะสมสารหนูในใบ..... 66 |
| 4.3.2 | การสะสมสารหนูในราก..... 70 |
| 4.3.3 | การสะสมสารหนูในดอก..... 76 |
| 4.4 | ประสิทธิภาพการดูดซับสารหนูจากดินของหญ้าแฝกทั้ง 2 กลุ่มพันธุ์..... 77 |
| 4.4.1 | ประสิทธิภาพการดูดซับสารหนูจากดินของหญ้าแฝก กลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี..... 77 |
| 4.4.2 | ประสิทธิภาพการดูดซับสารหนูจากดินของหญ้าแฝก กลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์..... 79 |
| 4.4.3 | การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับสารหนูจากดิน ของหญ้าแฝกระหว่าง 2 กลุ่มพันธุ์..... 81 |
| บทที่ 5 | สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ..... 83 |
| 5.1 | สรุปผลการศึกษา..... 83 |
| 5.1.1 | การเจริญเติบโตของหญ้าแฝก..... 83 |
| 5.1.2 | การสะสมสารหนูในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของหญ้าแฝก..... 83 |
| 5.1.3 | ประสิทธิภาพการดูดซับสารหนูจากดินของหญ้าแฝก ทั้ง 2 กลุ่มพันธุ์..... 85 |
| 5.2 | ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป..... 86 |
| รายการอ้างอิง | 87 |
| ภาคผนวก | 91 |
| ภาคผนวก ก. | การเจริญเติบโตของหญ้าแฝก..... 92 |
| ภาคผนวก ข. | การสะสมสารหนูของหญ้าแฝก..... 98 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| ภาคผนวก ค. ประสิทธิภาพการดูดซับสารหนูของหญ้าแฝก..... | 102 |
| ภาคผนวก ง. การคำนวณค่าทางสถิติ..... | 104 |
| ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... | 114 |

สารบัญตาราง

| | | หน้า |
|---------------|---|------|
| ตารางที่ 2.1 | สารประกอบสารหนูอินทรีย์และสารประกอบสารหนูอนินทรีย์ที่สำคัญ.... | 5 |
| ตารางที่ 2.2 | ปริมาณสารหนูที่พบในเปลือกโลก แบ่งตามชนิดของแร่หิน..... | 7 |
| ตารางที่ 2.3 | มาตรฐานน้ำดื่มที่กำหนดปริมาณสารหนู โดยหน่วยงานต่างๆ..... | 13 |
| ตารางที่ 2.4 | ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมที่ อ.ร้อนพินุลย์... | 18 |
| ตารางที่ 2.5 | การเปรียบเทียบความแตกต่างของหญ้าแฝกหอมและหญ้าแฝกดอน..... | 28 |
| ตารางที่ 2.6 | ตัวอย่างหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ที่มีในประเทศไทย (ตามทะเบียนของกรมพัฒนาที่ดิน)..... | 29 |
| ตารางที่ 2.7 | การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี และประจวบคีรีขันธ์..... | 31 |
| ตารางที่ 3.1 | คุณสมบัติของดินที่นำมาศึกษา..... | 36 |
| ตารางที่ 3.2 | รายละเอียดวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง..... | 38 |
| ตารางที่ 3.3 | ปริมาณสารประกอบ $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ที่ใส่ลงในดิน..... | 40 |
| ตารางที่ 4.1 | จำนวนต้นตอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี..... | 48 |
| ตารางที่ 4.2 | จำนวนต้นตอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์..... | 48 |
| ตารางที่ 4.3 | ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกอกของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี..... | 52 |
| ตารางที่ 4.4 | ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกอกของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์..... | 52 |
| ตารางที่ 4.5 | ความสูงของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี..... | 56 |
| ตารางที่ 4.6 | ความสูงของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์..... | 56 |
| ตารางที่ 4.7 | น้ำหนักแห้งทั้งต้นของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี..... | 61 |
| ตารางที่ 4.8 | น้ำหนักแห้งส่วนใบ ส่วนรากและส่วนดอกของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี..... | 61 |
| ตารางที่ 4.9 | น้ำหนักแห้งทั้งต้นของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์..... | 62 |
| ตารางที่ 4.10 | น้ำหนักแห้งส่วนใบและส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์... | 62 |
| ตารางที่ 4.11 | ปริมาณสารหนูที่พบในใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี..... | 68 |
| ตารางที่ 4.12 | ปริมาณสารหนูที่พบในใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์..... | 68 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| | หน้า |
|----------------|---|
| ตารางที่ 4.13 | ปริมาณสารหนูที่พบในรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี..... 72 |
| ตารางที่ 4.14 | ปริมาณสารหนูที่พบในรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์..... 72 |
| ตารางที่ 4.15 | ปริมาณสารหนูที่พบในคอกของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี..... 76 |
| ตารางที่ 4.16 | ประสิทธิภาพการดูดดึงสารหนูจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี. 78 |
| ตารางที่ 4.17 | ประสิทธิภาพการดูดดึงสารหนูจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ ประจวบคีรีขันธ์..... 80 |
| ตารางที่ ก.1.1 | จำนวนต้นตอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี..... 92 |
| ตารางที่ ก.1.2 | จำนวนต้นตอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์..... 93 |
| ตารางที่ ก.2.1 | เส้นผ่านศูนย์กลางกอกของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี..... 94 |
| ตารางที่ ก.2.2 | เส้นผ่านศูนย์กลางกอกของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์..... 95 |
| ตารางที่ ก.3.1 | ความสูงของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี..... 96 |
| ตารางที่ ก.3.2 | ความสูงของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์..... 97 |
| ตารางที่ ข.1.1 | ปริมาณสารหนูที่พบในใบหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีคิดเป็น ความเข้มข้น (mg/kg)..... 98 |
| ตารางที่ ข.1.2 | ปริมาณสารหนูที่พบในใบหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์คิดเป็น ความเข้มข้น (mg/kg)..... 99 |
| ตารางที่ ข.2.1 | ปริมาณสารหนูที่พบในรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีคิดเป็น ความเข้มข้น (mg/kg)..... 100 |
| ตารางที่ ข.2.2 | ปริมาณสารหนูที่พบในรากหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์คิดเป็น ความเข้มข้น (mg/kg)..... 101 |
| ตารางที่ ค.1 | ประสิทธิภาพการดูดดึงสารหนูจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี คิดเป็นร้อยละของปริมาณสารหนูทั้งหมดในดิน..... 102 |
| ตารางที่ ค.2 | ประสิทธิภาพการดูดดึงสารหนูจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ ประจวบคีรีขันธ์คิดเป็นร้อยละของปริมาณสารหนูทั้งหมดในดิน..... 103 |

สารบัญรูป

| | หน้า |
|-------------|--|
| รูปที่ 2.1 | การเปลี่ยนรูปสารหนูในกระบวนการ methylation..... 14 |
| รูปที่ 2.2 | วัฏจักรการเปลี่ยนรูปและแพร่กระจายสารหนูระหว่าง ในดินและในอากาศ.... 16 |
| รูปที่ 2.3 | ลักษณะต้นของหญ้าแฝก..... 23 |
| รูปที่ 3.1 | ต้นกล้าหญ้าแฝกหอมกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีและแฝกคอนกลุ่มพันธุ์ ประจวบคีรีขันธ์ที่เตรียมก่อนนำไปปลูก..... 39 |
| รูปที่ 3.2 | แฝกหอมกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานีและแฝกคอนกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ ที่เก็บเกี่ยว..... 41 |
| รูปที่ 4.1 | การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้ง 2 กลุ่มพันธุ์..... 45 |
| รูปที่ 4.2 | จำนวนต้นต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี..... 49 |
| รูปที่ 4.3 | จำนวนต้นต่อกอของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์..... 49 |
| รูปที่ 4.4 | ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกอกของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี..... 53 |
| รูปที่ 4.5 | ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกอกของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์..... 53 |
| รูปที่ 4.6 | ความสูงของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี..... 57 |
| รูปที่ 4.7 | ความสูงของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์..... 57 |
| รูปที่ 4.8 | น้ำหนักแห้งทั้งต้นของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี..... 63 |
| รูปที่ 4.9 | น้ำหนักแห้งส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี..... 63 |
| รูปที่ 4.10 | น้ำหนักแห้งส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี..... 64 |
| รูปที่ 4.11 | น้ำหนักแห้งทั้งต้นของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์..... 64 |
| รูปที่ 4.12 | น้ำหนักแห้งส่วนใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์..... 65 |
| รูปที่ 4.13 | น้ำหนักแห้งส่วนรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์..... 65 |
| รูปที่ 4.14 | ปริมาณสารหนูที่พบในใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี..... 69 |
| รูปที่ 4.15 | ปริมาณสารหนูที่พบในใบของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์..... 69 |
| รูปที่ 4.16 | ปริมาณสารหนูที่พบในรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี..... 73 |
| รูปที่ 4.17 | ปริมาณสารหนูที่พบในรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์..... 73 |

สารบัญรูป (ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 4.18 การเปรียบเทียบปริมาณสารหนูที่พบในใบและในรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ สุราษฎร์ธานี จำแนกตามระดับความเข้มข้นของสารหนูในดิน..... | 74 |
| รูปที่ 4.19 การเปรียบเทียบปริมาณสารหนูที่พบในใบและในรากของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ ประจวบคีรีขันธ์ จำแนกตามระดับความเข้มข้นของสารหนูในดิน..... | 75 |
| รูปที่ 4.20 ประสิทธิภาพการดูดดึงสารหนูจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์สุราษฎร์ธานี.... | 78 |
| รูปที่ 4.21 ประสิทธิภาพการดูดดึงสารหนูจากดินของหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ | 80 |