

การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในส่วนเหนื่อดินและส่วนใต้ดิน
ของหญ้าทะเลชนิดต่าง ๆ จากเกาะลิตบง จังหวัดตรัง

ศิริรัตน์ แจ่มกรณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

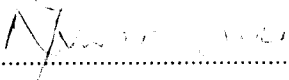
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

มีนาคม 2551

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

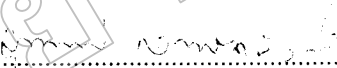
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ ศิริรัตน์ แจ่มกรณ์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณ ภาณุตระกูล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธาน

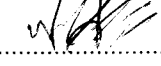
(ดร.จุฑามาศ กวินเสกสรรค์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณ ภาณุตระกูล)

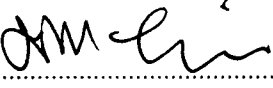
.....กรรมการ

(ดร.วันศุกร์ เสนานานู)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชาญ สว่างวงศ์)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี)

วันที่... ๐๘...เดือน... สิงหาคม... พ.ศ. ๒๕๕๑

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ ระดับบัณฑิตศึกษา จากบัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปีภาคปลาย ปีการศึกษา 2549

และทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา จาก โครงการบัณฑิตศึกษาฝึกอบรม

และวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อม

ภายใต้การกำกับของ โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาวิจัยด้านวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยี ทบวงมหาวิทยาลัย

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณ ภาณุตระกูล ประธานกรรมการควบคุมการสอบวิทยานิพนธ์และที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณา ให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางที่ถูกต้อง และถ่ายทอดความรู้ในการวิเคราะห์โลหะหนัก ตลอดจน แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและความเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ทำให้ผู้วิจัยได้รับความรู้ ประสบการณ์ และวิธีการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ จึงขอกราบ ขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.วันศุกร์ เสนานาญ และดร.จุฑามาศ กวินเสกสรรค์ กรรมการ ควบคุมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา และ โครงการบัณฑิตศึกษาฝึกรวม และวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อม ภายใต้การกำกับของ โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการ อุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ที่ให้ทุนสนับสนุนวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่โครงการบัณฑิตศึกษา เจ้าหน้าที่ภาควิชาวาริชศาสตร์ คุณทัศนวรรณ ขาวสีงาน และคุณศุภาวุธ สายสุวรรณ ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้ความอนุเคราะห์ อำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ สารเคมี และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ใน การทำวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่สาว ที่ให้การสนับสนุน รวมทั้งเป็นกำลังใจอันสำคัญยิ่ง ให้ผู้วิจัยดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่ บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนครบเท่าทุกวันนี้

ศิริรัตน์ แจ่มกรม

48910783: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม; วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

คำสำคัญ: เกาะลิบง/ หญ้าทะเล/ โลหะหนัก/ การสะสม

ศิริรัตน์ แจ้งกรณ์: การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณ โลหะหนักในส่วนเหนือดิน และ ส่วนใต้ดินของหญ้าทะเลชนิดต่าง ๆ จากเกาะลิบง จังหวัดตรัง (COMPARATIVE STUDY ON HEAVY METALS CONTENTS IN ABOVE AND BELOW GROUND PARTS OF SEAGRASSES FROM LIBONG ISLAND, TRANG PROVINCE, THAILAND) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: สุวรรณภา ภาณุตระกูล, D.Sc., 148 หน้า. ปี พ.ศ. 2551.

การวิเคราะห์การสะสมโลหะหนักในหญ้าทะเล 6 ชนิด คือ *Cymodocea serrulata*, *Cymodocea rotundata*, *Thalassia hemprichii*, *Halodule uninervis*, *Enhalus acoroides* และ *Halophila ovalis* จากเกาะลิบง จังหวัดตรัง โดยนำตัวอย่างหญ้าทะเลที่เก็บโดยนักประดาน้ำมาทำความสะอาดด้วยน้ำทะเล และน้ำที่ปราศจากไอออนเพื่อล้างวัตถุและสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ บนพื้นผิวหญ้าทะเลออกให้หมด แยกส่วนเหนือดิน (ใบ) และส่วนใต้ดิน (รากและไรโซม) ของหญ้าทะเล แล้วทำแห้งด้วยความเย็นบดให้เป็นผงละเอียด จากนั้นย่อยตัวอย่างด้วยกรดไนตริก และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ย่อยตัวอย่างด้วยเครื่องไมโครเวฟ วัดความเข้มข้นของปรอท (Hg) ด้วยเครื่อง Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometer ความเข้มข้นของแคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) ทองแดง (Cu) อาร์เซนิก (As) และซีลีเนียม (Se) วัดด้วยเครื่อง Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometer ความเข้มข้นของสังกะสี (Zn) เหล็ก (Fe) และแมงกานีส (Mn) วัดด้วยเครื่อง Flame Atomic Absorption Spectrometer พบว่าพิสัยความเข้มข้นของ Hg, Cd, Pb, Cu, As, Se, Zn, Fe และ Mn ในส่วนเหนือดินมีค่า 0.027-0.047, 0.11-0.71, 1.01-3.40, 2.3-5.27, 0.55-3.02, 0.03-0.38, 15.32-79.40, 278.50-1667.49 และ 42.66-210.85 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนใต้ดินมีค่า 0.010-0.075, 0.07-0.33, 1.09-4.72, 1.08-3.73, 0.60-21.35, 0.09-0.37, 14.47-30.97, 566.91-7,876.60 และ 7.87-237.00 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ การสะสมของ Hg, Cd, Cu, Zn และ Mn พบในส่วนเหนือดินมากกว่าส่วนใต้ดิน Fe และ As สะสมมากในส่วนใต้ดิน Pb และ Se ไม่พบรูปแบบการสะสมที่แน่นอน สำหรับหญ้าทะเลสายพันธุ์ *H. ovalis* ที่เก็บจากต่างจุดกัน คือ บริเวณที่น้ำท่วมถึงตลอดเวลาและบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง จะมีความเข้มข้นของ Hg, Pb, Zn, Fe, As และ Se แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยหญ้าทะเลที่เก็บจากบริเวณ Subtidal มีการสะสม As มากกว่าที่เก็บจากบริเวณ Intertidal ส่วนการสะสม Hg, Pb, Zn, Fe และ Se ในหญ้าทะเลที่เก็บจากบริเวณ Subtidal มีการสะสมน้อยกว่าที่เก็บจากบริเวณ Intertidal และพบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ Fe และ As, Hg และ Cu ทั้งในส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของหญ้าทะเลทุกสายพันธุ์ในเชิงเส้นตรง

48910783: MAJOR: ENVIRONMENTAL SCIENCE; M.Sc. (ENVIRONMENTAL SCIENCE)

KEYWORDS: LIBONG ISLAND/ SEAGRASS/ HEAVY METALS/ ACCUMULATION

SIRIRAT JANGKORN: COMPARATIVE STUDY ON HEAVY METALS

CONTENTS IN ABOVE AND BELOW GROUND PARTS OF SEAGRASSES FROM LIBONG ISLAND, TRANG PROVINCE, THAILAND. ADVISORY COMMITTEE: SUWANNA PANUTRAKUL, D.Sc., 148 P. 2008.

The accumulation of heavy metals in six species of seagrasses; *Enhalus acoroides*, *Halophila ovalis*, *Cymodocea serrulata*, *Cymodocea rotundata*, *Thalassia hemprichii*, *Halodule uninervis* collected from Libong Island in Trang Province by a diver was studied. The seagrass samples which were collected by a diver were washed with clean seawater and deionized water to remove suspended material and any organisms on the surface of the seagrasses. The above (Leave) and below ground parts (Root & Rhizome) of the seagrasses were separated, freeze dried and homogenized. The seagrasses were digested with nitric acid and hydrogen peroxide in a microwave digester. Mercury in the digested sample was determined by Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometer whereas cadmium, lead, copper arsenic and selenium contents were determined by Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometer. Zinc manganese and iron were determined by Flame Atomic Absorption Spectrometer. The concentration ranges of Hg, Cd, Pb, Cu, As, Se, Zn, Fe and Mn in above ground parts of the six species of seagrass were 0.027-0.047, 0.11-0.71, 1.01-3.40, 2.3-5.27, 0.55-3.02, 0.03-0.38, 15.32-79.40, 278.50-1667.49 and 42.66-210.85 µg/ g respectively. The concentration ranges of Hg, Cd, Pb, Cu, As, Se, Zn, Fe and Mn in below ground part of the six species of seagrass were 0.010-0.075, 0.07-0.33, 1.09-4.72, 1.08-3.73, 0.60-21.35, 0.09-0.37, 14.47-30.97, 566.91-7,876.60 and 7.87-237.00 µg/ g, respectively. Most of the seagrass species contained higher Hg, Cd, Cu, Zn and Mn concentrations in the above ground part as compared to the below ground part. As and Fe showed opposite patterns, their concentrations in the below ground part were higher than the above ground part. Accumulations of Pb and Se did not show any clear pattern. *H. ovalis* collected from different area; subtidal and intertidal contain significantly different Hg, Pb, Zn, Fe, As and Se concentrations ($P < 0.05$). *H. ovalis* collected from subtidal contain higher As concentration than *H. ovalis* from intertidal. Hg, Pb, Zn, Fe and Se concentrations showed opposite patterns. Positive linear correlation between Fe and As concentrations and Hg and Cu concentrations in above and below ground parts were observed in every seagrasses species.

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | จ |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | ฉ |
| สารบัญ..... | ช |
| สารบัญตาราง..... | ฌ |
| สารบัญภาพ..... | ๓ |
| บทที่ | |
| 1 บทนำ..... | 1 |
| ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... | 3 |
| สมมติฐานของการวิจัย..... | 3 |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย..... | 3 |
| ขอบเขตของการวิจัย..... | 4 |
| 2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 5 |
| อนุกรมวิธานของหอยทากทะเล..... | 5 |
| ลักษณะสำคัญของหอยทากทะเลชนิดที่ศึกษา..... | 5 |
| แหล่งของโลหะหนักที่ถูกปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม..... | 10 |
| พฤติกรรมของโลหะหนักที่ทำการศึกษาในสิ่งแวดล้อม..... | 12 |
| ปริมาณการสะสมโลหะหนักของหอยทากทะเลในประเทศไทย..... | 14 |
| การปริมาณการสะสมโลหะหนักของหอยทากทะเลในต่างประเทศ..... | 15 |
| การถ่ายทอดโลหะหนักไปยังห่วงโซ่อาหาร..... | 23 |
| 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... | 25 |
| อุปกรณ์และสารเคมี..... | 25 |
| พื้นที่ศึกษา..... | 28 |
| การเก็บตัวอย่างหอยทากทะเล..... | 29 |
| แผนการเก็บตัวอย่างหอยทากทะเล..... | 30 |
| การเตรียมตัวอย่างหอยทากทะเล..... | 30 |
| ขั้นตอนการวิเคราะห์โลหะหนักที่ศึกษาในหอยทากทะเล..... | 32 |

สารบัญ (ต่อ)

| บทที่ | หน้า |
|--|------|
| การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือและกระบวนการวิเคราะห์โลหะหนัก (Method Validation)..... | 33 |
| การวิเคราะห์ปริมาณน้ำในหญ้าทะเล (% Water Content)..... | 33 |
| การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ..... | 33 |
| 4 ผลการวิจัย..... | 35 |
| ปริมาณโลหะหนักในส่วนเนื้อดินและส่วนใต้ดินของหญ้าทะเลจากเกาะลิติง อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง..... | 35 |
| ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของโลหะหนักในส่วนเนื้อดินและ ส่วนใต้ดินของหญ้าทะเลชนิดต่าง ๆ..... | 39 |
| การสะสมโลหะหนักในหญ้าทะเล 6 ชนิด | 48 |
| ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโลหะหนักที่ทำการศึกษาในหญ้าทะเล ทั้ง 6 ชนิด..... | 49 |
| ปริมาณการสะสมโลหะหนักที่ศึกษาในหญ้าทะเลชนิด <i>H. ovalis</i> ประกอบด้วย 2 สายพันธุ์ ที่ปรากฏในบริเวณที่มีน้ำท่วมถึงตลอดเวลา (Subtidal) และบริเวณ น้ำขึ้นน้ำลง (Intertidal)..... | 89 |
| 5 สรุปและอภิปรายผล..... | 93 |
| ปริมาณการสะสมโลหะหนักในส่วนเนื้อดินและส่วนใต้ดินของหญ้าทะเล ทั้ง 6 ชนิด..... | 93 |
| การสะสมโลหะหนักในหญ้าทะเล 6 ชนิด และปัจจัยที่มีผลต่อการสะสม..... | 123 |
| ความสัมพันธ์ของโลหะหนักที่พบในหญ้าทะเล..... | 125 |
| ปริมาณการสะสมโลหะหนักที่ศึกษาในหญ้าทะเลชนิด <i>H. ovalis</i> ซึ่งประกอบด้วย 2 สายพันธุ์ ที่ปรากฏในบริเวณน้ำท่วมถึงตลอดเวลา (Subtidal) และบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง (Intertidal) จากเกาะลิติง อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง..... | 129 |
| บรรณานุกรม..... | 132 |
| ภาคผนวก..... | 137 |
| ประวัติย่อของผู้วิจัย..... | 148 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|--|------|
| 1 | แหล่งของโลหะหนักที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม..... | 10 |
| 2 | การสะสมปรอท แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง สังกะสี เหล็ก และแมงกานีส ในส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของหญ้าทะเลชนิดต่าง ๆ จากเขตอำเภอสตูลที่ จังหวัดชลบุรี..... | 15 |
| 3 | ข้อมูลปริมาณการสะสมปรอทในหญ้าทะเลชนิดต่าง ๆ..... | 15 |
| 4 | ข้อมูลปริมาณการสะสมแคดเมียมในหญ้าทะเลชนิดต่าง ๆ..... | 16 |
| 5 | ข้อมูลปริมาณการสะสมตะกั่วในหญ้าทะเลชนิดต่าง ๆ..... | 17 |
| 6 | ข้อมูลปริมาณการสะสมทองแดงในหญ้าทะเลชนิดต่าง ๆ..... | 18 |
| 7 | ข้อมูลปริมาณการสะสมสังกะสีในหญ้าทะเลชนิดต่าง ๆ..... | 19 |
| 8 | ข้อมูลปริมาณการสะสมเหล็กในหญ้าทะเลชนิดต่าง ๆ..... | 20 |
| 9 | ข้อมูลปริมาณการสะสมแมงกานีสในหญ้าทะเลชนิดต่าง ๆ..... | 21 |
| 10 | ข้อมูลปริมาณการสะสมอาร์เซนิกในหญ้าทะเลชนิดต่าง ๆ..... | 21 |
| 11 | ข้อมูลปริมาณการสะสมซีลีเนียมในหญ้าทะเลชนิดต่าง ๆ..... | 22 |
| 12 | ปริมาณการสะสมแคดเมียมในห่วงโซ่อาหาร..... | 24 |
| 13 | เปอร์เซ็นต์การกักเก็บของโลหะหนักที่ศึกษาในตัวอย่างเนื้อเยื่อมาตรฐาน..... | 33 |
| 14 | ความเข้มข้นปรอท แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี (ค่าเฉลี่ย \pm ความแปรปรวน) ในส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของหญ้าทะเลทุกชนิดที่ศึกษา จากเกาะลิบง อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง..... | 36 |
| 15 | ความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส อาร์เซนิก และซีลีเนียม (ค่าเฉลี่ย \pm ความแปรปรวน) ในส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของหญ้าทะเลทุกชนิดที่ศึกษา จากเกาะลิบง อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง..... | 37 |
| 16 | วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของโลหะหนักที่ทำการศึกษาในส่วนเหนือดิน และส่วนใต้ดิน ของหญ้าทะเลชนิดต่าง ๆ ที่ศึกษา จากเกาะลิบงอำเภอกันตัง จังหวัดตรัง..... | 38 |
| 17 | Post Hoc Multi Comparison ของการสะสมโลหะหนักในหญ้าทะเลทั้ง 6 ชนิด..... | 49 |
| 18 | ค่า Pearson Correlation (r) ของความเข้มข้น Hg, Cd, Pb, Cu, Fe, Mn, As และ Se ของหญ้าทะเลชนิด <i>C. serrulata</i> | 85 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | หน้า |
|----------|---|
| 19 | ค่า Pearson Correlation (r) ของความเข้มข้น Hg, Cd, Pb, Cu, Fe, Mn, As และ Se ของหอย้าทะเลชนิด <i>C. rotundat</i> 86 |
| 20 | ค่า Pearson Correlation (r) ของความเข้มข้น Hg, Cd, Pb, Cu, Fe, Mn, As และ Se ของหอย้าทะเลชนิด <i>T. hemprichii</i> 86 |
| 21 | ค่า Pearson Correlation (r) ของความเข้มข้น Hg, Cd, Pb, Cu, Fe, Mn, As และ Se ของหอย้าทะเลชนิด <i>H. uninervis</i> 87 |
| 22 | ค่า Pearson Correlation (r) ของความเข้มข้น Hg, Cd, Pb, Cu, Fe, Mn, As และ Se ของหอย้าทะเลชนิด <i>E. acoroides</i> 87 |
| 23 | ค่า Pearson Correlation (r) ของความเข้มข้น Hg, Cd, Pb, Cu, Fe, Mn, As และ Se ของหอย้าทะเลชนิด <i>H. ovalis</i> (Subtidal)..... 88 |
| 24 | ค่า Pearson Correlation (r) ของความเข้มข้น Hg, Cd, Pb, Cu, Fe, Mn, As และ Se ของหอย้าทะเลชนิด <i>H. ovalis</i> (Intertidal)..... 88 |
| 25 | เปรียบเทียบปริมาณการสะสมโลหะหนักในส่วนเนื้อดินและส่วนใต้ดินของหอย้าชนิด <i>H. ovalis</i> จากบริเวณน้ำท่วมตลอดเวลา (Subtidal) และบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง (Intertidal)..... 89 |
| 26 | เปรียบเทียบปริมาณการสะสมโลหะหนักในส่วนใต้ดินของหอย้าชนิด <i>H. ovalis</i> จากบริเวณน้ำท่วมถึง (Subtidal) และบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง (Intertidal)..... 90 |
| 27 | วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของโลหะหนักที่ทำการศึกษาในส่วนเนื้อดินและส่วนใต้ดินของหอย้าชนิด <i>H. ovalis</i> จากบริเวณน้ำท่วมถึง (Subtidal) และบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง (Intertidal)..... 91 |
| 28 | เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นปรอทของหอย้าทะเลจากจังหวัดชลบุรี และจังหวัดตรัง..... 95 |
| 29 | ข้อมูลปริมาณความเข้มข้นปรอทในหอย้าทะเลชนิดต่าง ๆ..... 96 |
| 30 | เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นแคดเมียมของหอย้าทะเลจากจังหวัดชลบุรี และจังหวัดตรัง..... 99 |
| 31 | ข้อมูลปริมาณความเข้มข้นแคดเมียมในหอย้าทะเลชนิดต่าง ๆ..... 100 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | หน้า | |
|----------|--|-----|
| 32 | เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นตะกั่วของหญ้าทะเลจากจังหวัดชลบุรี และจังหวัดตรัง..... | 102 |
| 33 | ข้อมูลปริมาณความเข้มข้นตะกั่วในหญ้าทะเลชนิดต่าง ๆ..... | 103 |
| 34 | เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นทองแดงของหญ้าทะเลจากจังหวัดชลบุรี และจังหวัดตรัง..... | 106 |
| 35 | ข้อมูลปริมาณความเข้มข้นทองแดงในหญ้าทะเลชนิดต่าง ๆ..... | 107 |
| 36 | เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสังกะสีของหญ้าทะเลจากจังหวัดชลบุรี และจังหวัดตรัง..... | 110 |
| 37 | ข้อมูลปริมาณความเข้มข้นสังกะสีในหญ้าทะเลชนิดต่าง ๆ..... | 111 |
| 38 | เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเหล็กของหญ้าทะเลจากจังหวัดชลบุรี และจังหวัดตรัง..... | 114 |
| 39 | ข้อมูลปริมาณความเข้มข้นเหล็กในหญ้าทะเลชนิดต่าง ๆ..... | 115 |
| 40 | เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นแมงกานีสของหญ้าทะเลจากจังหวัดชลบุรี และจังหวัดตรัง..... | 116 |
| 41 | ข้อมูลปริมาณความเข้มข้นแมงกานีสในหญ้าทะเลชนิดต่าง ๆ..... | 117 |
| 42 | ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นอาร์เซนิกของหญ้าทะเล จากเกาะลิบง จังหวัดตรัง..... | 118 |
| 43 | ข้อมูลปริมาณความเข้มข้นอาร์เซนิกในหญ้าทะเลชนิดต่าง ๆ..... | 119 |
| 44 | ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นซีลีเนียมของหญ้าทะเลจากเกาะลิบง จังหวัดตรัง..... | 122 |
| 45 | ข้อมูลปริมาณความเข้มข้นซีลีเนียมในหญ้าทะเลชนิดต่าง ๆ..... | 123 |
| 46 | การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปรอท ในส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของหญ้าทะเลทั้ง 6 ชนิด จากเกาะลิบง จังหวัดตรัง..... | 138 |
| 47 | การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแคดเมียม ในส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของหญ้าทะเลทั้ง 6 ชนิด จากเกาะลิบง จังหวัดตรัง..... | 138 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 48 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของตะกั่ว ในส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของหญ้าทะเลทั้ง 6 ชนิด จากเกาะลิบง จังหวัดตรัง..... | 139 |
| 49 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของทองแดง ในส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของหญ้าทะเลทั้ง 6 ชนิด จากเกาะลิบง จังหวัดตรัง..... | 139 |
| 50 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสังกะสี ในส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของหญ้าทะเลทั้ง 6 ชนิด จากเกาะลิบง จังหวัดตรัง..... | 140 |
| 51 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเหล็ก ในส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของหญ้าทะเลทั้ง 6 ชนิด จากเกาะลิบง จังหวัดตรัง..... | 140 |
| 52 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแมงกานีส ในส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของหญ้าทะเลทั้ง 6 ชนิด จากเกาะลิบง จังหวัดตรัง..... | 141 |
| 53 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของอาร์เซนิก ในส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของหญ้าทะเลทั้ง 6 ชนิด จากเกาะลิบง จังหวัดตรัง..... | 141 |
| 54 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของซีลีเนียม ในส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของหญ้าทะเลทั้ง 6 ชนิด จากเกาะลิบง จังหวัดตรัง..... | 142 |
| 55 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของปรอทในหญ้าทะเล ชนิด <i>H. ovalis</i> จากบริเวณน้ำท่วมถึง (Subtidal) และบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง (Intertidal)..... | 142 |
| 56 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแคดเมียมในหญ้าทะเล ชนิด <i>H. ovalis</i> จากบริเวณน้ำท่วมถึง (Subtidal) และบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง (Intertidal)..... | 143 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| 57 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของตะกั่ว ในหญาทะเลชนิด <i>H. ovalis</i> จากบริเวณน้ำท่วมถึง (Subtidal) และบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง (Intertidal)..... | 143 |
| 58 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของทองแดง ในหญาทะเลชนิด <i>H. ovalis</i> จากบริเวณน้ำท่วมถึง (Subtidal) และบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง (Intertidal) | 144 |
| 59 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสังกะสีในหญาทะเลชนิด <i>H. ovalis</i> จากบริเวณน้ำท่วมถึง (Subtidal) และบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง (Intertidal) | 144 |
| 60 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเหล็กในหญาทะเลชนิด <i>H. ovalis</i> จากบริเวณน้ำท่วมถึง (Subtidal) และบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง (Intertidal) | 145 |
| 61 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแมงกานีส ในหญาทะเลชนิด <i>H. ovalis</i> จากบริเวณน้ำท่วมถึง (Subtidal) และบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง (Intertidal) | 145 |
| 62 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของอาร์เซนิก ในหญาทะเลชนิด <i>H. ovalis</i> จากบริเวณน้ำท่วมถึง (Subtidal) และบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง (Intertidal) | 146 |
| 63 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของซีลีเนียมในหญาทะเลชนิด <i>H. ovalis</i> จากบริเวณน้ำท่วมถึง (Subtidal) และบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง (Intertidal) | 146 |
| 64 ค่า Detection Limit ของโลหะหนักที่ศึกษา..... | 147 |

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| 1 ใญ้ทะเลชนิด <i>C. serrulata</i> | 6 |
| 2 ใญ้ทะเลชนิด <i>C. rotundata</i> | 6 |
| 3 ใญ้ทะเลชนิด <i>T. hemprichii</i> | 7 |
| 4 ใญ้ทะเลชนิด <i>H. uninervis</i> | 8 |
| 5 ใญ้ทะเลชนิด <i>E. acoroides</i> | 9 |
| 6 ใญ้ทะเลชนิด <i>H. ovalis</i> | 10 |
| 7 เครื่องย่อยตัวอย่าง (Microwave Digester)..... | 26 |
| 8 เครื่อง Cold-Vapor Atomic Fluorescence Spectrophotometer..... | 27 |
| 9 เครื่อง Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometer..... | 27 |
| 10 เครื่อง Flame Atomic Absorption Spectrophotometer..... | 28 |
| 11 บริเวณเก็บตัวอย่างใญ้ทะเลจากเกาะลันง อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง..... | 29 |
| 12 แผนการเก็บตัวอย่างใญ้ทะเล..... | 30 |
| 13 ส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินของใญ้ทะเล..... | 31 |
| 14 ขั้นตอนการวิเคราะห์โลหะหนักที่ศึกษาในใญ้ทะเล..... | 32 |
| 15 ความเข้มข้นปรอท (Hg) ในส่วนเหนือดิน (Above) และส่วนใต้ดิน (Below) ของใญ้ทะเล 6 ชนิด..... | 39 |
| 16 ความเข้มข้นแคดเมียม (Cd) ในส่วนเหนือดิน (Above) และส่วนใต้ดิน (Below) ของใญ้ทะเล 6 ชนิด..... | 40 |
| 17 ความเข้มข้นตะกั่ว (Pb) ในส่วนเหนือดิน (Above) และส่วนใต้ดิน (Below) ของใญ้ทะเล 6 ชนิด..... | 41 |
| 18 ความเข้มข้นทองแดง (Cu) ในส่วนเหนือดิน (Above) และส่วนใต้ดิน (Below) ของใญ้ทะเล 6 ชนิด..... | 42 |
| 19 ความเข้มข้นสังกะสี (Zn) ในส่วนเหนือดิน (Above) และส่วนใต้ดิน (Below) ของใญ้ทะเล 6 ชนิด..... | 43 |
| 20 ความเข้มข้นเหล็ก (Fe) ในส่วนเหนือดิน (Above) และส่วนใต้ดิน (Below) ของใญ้ทะเล 6 ชนิด..... | 44 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| 21 ความเข้มข้นแมงกานีส (Mn) ในส่วนเหนือดิน (Above) และส่วนใต้ดิน (Below) ของ หญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 45 |
| 22 ความเข้มข้นอาร์เซนิก (As) ในส่วนเหนือดิน (Above) และส่วนใต้ดิน (Below) ของ หญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 46 |
| 23 ความเข้มข้นซีลีเนียม (Se) ในส่วนเหนือดิน (Above) และส่วนใต้ดิน (Below) ของ หญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 48 |
| 24 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของปรอท (Hg) และแคดเมียม (Cd) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 50 |
| 25 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของปรอท (Hg) และตะกั่ว (Pb) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 51 |
| 26 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของปรอท (Hg) และทองแดง (Cu) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 52 |
| 27 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของปรอท (Hg) และอาร์เซนิก (As) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 53 |
| 28 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของปรอท (Hg) และซีลีเนียม (Se) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 54 |
| 29 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของปรอท (Hg) และสังกะสี (Zn) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 55 |
| 30 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของปรอท (Hg) และแมงกานีส (Mn) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 56 |
| 31 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของปรอท (Hg) และเหล็ก (Fe) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 57 |
| 32 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแคดเมียม (Cd) และตะกั่ว (Pb) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 58 |
| 33 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแคดเมียม (Cd) และทองแดง (Cu) ใน หญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 59 |

สารบัญญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| 34 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแคดเมียม (Cd) และอาร์เซนิก (As) ใน หญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 60 |
| 35 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแคดเมียม (Cd) และซีลีเนียม (Se) ใน หญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 61 |
| 36 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแคดเมียม (Cd) และสังกะสี (Zn) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 62 |
| 37 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแคดเมียม (Cd) และแมงกานีส (Mn) ใน หญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 63 |
| 38 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแคดเมียม (Cd) และเหล็ก (Zn) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 64 |
| 39 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตะกั่ว (Pb) และทองแดง (Cu) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 65 |
| 40 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตะกั่ว (Pb) และอาร์เซนิก (As) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 66 |
| 41 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตะกั่ว (Pb) และซีลีเนียม (Se) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 67 |
| 42 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zn) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 68 |
| 43 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตะกั่ว (Pb) และแมงกานีส (Mn) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 69 |
| 44 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตะกั่ว (Pb) และซีลีเนียม (Se) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 70 |
| 45 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของทองแดง (Cu) และอาร์เซนิก (As) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 71 |
| 46 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของทองแดง (Cu) และซีลีเนียม (Se) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 72 |

สารบัญญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| 47 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของทองแดง (Cu) และสังกะสี (Zn) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 73 |
| 48 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของทองแดง (Cu) และแมงกานีส (Mn) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 74 |
| 49 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของทองแดง (Cu) และเหล็ก (Fe) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 75 |
| 50 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอาร์เซนิก (As) และซีลีเนียม (Se) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 76 |
| 51 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอาร์เซนิก (As) และสังกะสี (Zn) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 77 |
| 52 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอาร์เซนิก (As) และแมงกานีส (Mn) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 78 |
| 53 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอาร์เซนิก (As) และเหล็ก (Fe) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 79 |
| 54 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของซีลีเนียม (Se) และสังกะสี (Zn) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 80 |
| 55 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของซีลีเนียม (Se) และแมงกานีส (Mn) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 81 |
| 56 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของซีลีเนียม (Se) และเหล็ก (Fe) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 82 |
| 57 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสังกะสี (Zn) และแมงกานีส (Mn) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 83 |
| 58 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสังกะสี (Zn) และเหล็ก (Fe) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 84 |
| 59 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแมงกานีส (Mn) และเหล็ก (Fe) ในหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 85 |

สารบัญญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| 60 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอาร์เซนิก (As) และเหล็ก (Fe) ในส่วนเหนือดิน ของหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 126 |
| 61 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอาร์เซนิก (As) และเหล็ก (Fe) ในส่วนใต้ดิน ของหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 126 |
| 62 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของปรอท (Pb) และทองแดง (Cu) ในส่วนเหนือดิน ของหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 128 |
| 63 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอาร์เซนิก (As) และเหล็ก (Fe) ในส่วนใต้ดิน ของหญ้าทะเล 6 ชนิด..... | 128 |