

การสะสมของโลหะหนักในดินตะกอนและต้นแสมขาว (*Avicennia alba* Bl.)
บริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง



นางสาวกัลยา รัตนสุทธิพงษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-170-466-6

ลิขสิทธิ์ของจฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1 2 พ.ย. 2546

๕๐๓๐๓๖๖๗

ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN SEDIMENTS AND *Avicennia alba* Bl.
FROM THE LOWER THA-CHIN RIVER

Miss Kanlaya Rattanasutthipong

A thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Science

Inter-department of Environmental Science

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-170-466-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การสะสมของโลหะหนักในดินตะกอนและต้นแสมขาว
(*Avicennia alba* Bl.) บริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง

โดย

นางสาวกัลยา รัตนสุทธิพงษ์

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา วัฒนยากร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา กิระนันท์)

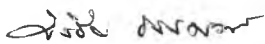
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



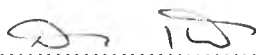
..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบุลย์)



..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา วัฒนยากร)



..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริชัย ธรรมวานิช)



..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมใจ เพ็งปรีชา)

กัลยา รัตนสุทธิพงษ์: การสะสมของโลหะหนักในดินตะกอนและต้นแสมขาว (*Avicennia alba* Bl.) บริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง. (ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN SEDIMENT AND *Avicennia alba* Bl. FROM THE LOWER THA-CHIN RIVER) อ. ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา วัฒนยากร, 143 หน้า. ISBN 974-170-466-6.

ศึกษาปริมาณของโลหะแคดเมียม ทองแดง ตะกั่วและสังกะสี ในดินตะกอนบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง โดยวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักที่อยู่ในรูปแบบที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable) รูปแบบที่จับอยู่กับคาร์บอเนต (bound to carbonate) รูปแบบที่จับกับแมงกานีสออกไซด์ (bound to Mn oxide) รูปแบบที่จับกับเหล็กออกไซด์ (bound to Fe oxide) และรูปแบบที่จับอยู่กับสารอินทรีย์ (bound to organic matter) ด้วยวิธีสกัดตามลำดับชั้น และศึกษาการสะสมของโลหะหนักในส่วนต่างๆของต้นแสมขาว (*Avicennia alba* Bl.) ที่ขึ้นอยู่ในสถานที่เก็บตัวอย่างเดียวกัน

ผลการศึกษาพบว่าในดินตะกอนผิวหน้าแคดเมียมส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ ทองแดงและตะกั่วอยู่ในรูปแบบที่จับกับสารอินทรีย์มากที่สุด ส่วนสังกะสีจะอยู่ในรูปแบบที่จับกับคาร์บอเนตใกล้เคียงกับรูปแบบที่จับกับแมงกานีสออกไซด์และเหล็กออกไซด์ และพบว่าดินตะกอนจากบริเวณคลองมหาชัยมีปริมาณตะกั่ว สังกะสี และทองแดงสูงกว่าบริเวณอื่นๆ ในดินตะกอนตามความลึก พบว่า รูปแบบของโลหะหนักในดินตะกอนบริเวณคลองสุนัขหอนมีแนวโน้มที่ชัดเจนกว่าบริเวณสองฝั่งของปากแม่น้ำ กล่าวคือ พบแคดเมียม ตะกั่ว และสังกะสี อยู่ในรูปที่จับกับเหล็กออกไซด์สูงที่สุด และพบทองแดงในรูปที่จับกับสารอินทรีย์สูงที่สุด จากการศึกษาการสะสมของโลหะหนักในใบอ่อน ใบแก่ ลำต้น และรากของต้นแสมขาว พบว่าในสวนใบแก่มีการสะสมของโลหะหนักสูงที่สุด รองลงมาคือ ใบอ่อน ราก และลำต้น ตามลำดับ ผลรวมปริมาณทองแดงทั้ง 5 รูปแบบ ในดินตะกอนจากสถานี T1, D1 และ M1 มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นกับปริมาณทองแดงในสวนใบแก่และรากของต้นแสมขาว และผลรวมปริมาณสังกะสีทั้ง 5 รูปแบบ ในดินตะกอนจากสถานี T1, M1 และ M3 มีความสัมพันธ์กับปริมาณสังกะสีในสวนใบอ่อนของต้นแสมขาว

สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
ปีการศึกษา 2544

ลายมือชื่อนิสิต..... *Dr. Sumpit*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... *Dr. Sumpit*

4172217023 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORD: HEAVY METALS / SEDIMENTS / SEQUENTIAL EXTRACTION / *Avicennia alba* Bl.

KANLAYA RATTANASUTTHIPONG: ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN
SEDIMENTS AND *Avicennia alba* Bl. FROM THE LOWER THA-CHIN RIVER. THESIS

ADVISOR: ASSOC. PROF. GULLAYA WATTAYAKORN, Ph.D., 143 pp.

ISBN 974-170-466-6.

Concentration of Cd, Cu, Pb and Zn in sediments of the Lower Tha-Chin River was determined by sequential extraction procedure, in order to determine the distribution of metals in the exchangeable, bound to carbonate, bound to Mn oxide, bound to Fe oxide and bound to organic matter fractions. In addition, different parts of *Avicennia alba* Bl. ,such as leaf, stem and root were also collected and analyzed for the accumulation of these heavy metals.

In surface sediments, Cd was mostly present in the exchangeable form, while Cu and Pb were dominated in bound to organic matter fraction and Zn has the highest percentage in bound to Mn and Fe oxide fractions. Sediments taken from Klong Mahachai were found to have the highest concentration of Pb, Zn and Cu. Core sediments from Klong Sunukhon showed the highest concentration of Cd, Pb and Zn in bound to Fe oxide fraction, and Cu in bound to organic matter fraction. The accumulation of heavy metals in *Avicennia alba* Bl. showed to be highest in old leaf > young leaf > root > stem. Total non-residual Cu in the sediment from stations T1, D1 and M1 showed linear relationship with the total Cu content of the old leaf and root of *Avicennia alba* Bl. at the same station, whereas total non-residual Zn in the sediment from stations T1, M1 and M3 had linear relation with the total Zn concentration of the young leaf.

Interdepartment Environmental Science

Field of study Environmental Science

Academic year 2001

Student's signature.....*K. Rattanasutthipong*.....

Advisor's signature.....*G. Wattayakon*.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. กัลยา วัฒนยากร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำต่างๆอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งตลอดการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ และ ผศ.ดร. ศิริชัย ธรรมวานิช ที่กรุณาให้ใช้ CRM และให้ยืมหนังสือต่างๆ ตลอดจนให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์

ขอขอบคุณทบวงมหาวิทยาลัย สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ บัณฑิตวิทยาลัย สำหรับเงินทุนอุดหนุนการวิจัย

ขอบคุณคุณสมพร และ คุณวีระศักดิ์ แห่งศูนย์เครื่องมือคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับการทำเครื่องมือเก็บตัวอย่างตะกอนตามความลึก กรมพัฒนาที่ดิน สำหรับความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องทำตะกอนแห้ง ดร.ชนิษฐา ศรีสุขสวัสดิ์ และ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ สำหรับความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์อายุตะกอน หน่วยวิจัยพิษวิทยา ภาควิชาพิษศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์วิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอน อาจารย์มาละดี ทัยคุปต์ และ คุณจิระประภา เนียมปาน ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer เพื่อวัดปริมาณโลหะหนัก ตลอดจนเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวกในระหว่างการศึกษาวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบุลย์ ผู้อำนวยการหลักสูตรวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม รศ.ดร.สมใจ เพ็งปรีชา และ ผศ.ดร.ศิริชัย ธรรมวานิช ที่กรุณาสละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอบคุณพี่ เพื่อน และ น้องทุกคนที่ให้ความช่วยเหลืองานครั้งนี้ พี่ดำ พี่หนึ่ง และ เหม สำหรับแรงงานในการเก็บตัวอย่าง พี่อ๊ว พี่ณู พี่สาว พี่จ๊ีบ พี่บู๊ย เอ๊ะ อู๋ อู๋ม และเพื่อนๆสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อมทุกคน สำหรับความช่วยเหลือ คำแนะนำและกำลังใจ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดามารดา พี่และน้องที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนทางด้านการเงินเป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาในการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	21
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	34
บทที่ 5 วิจัยรณัผลการศึกษา.....	62
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	78
รายการอ้างอิง.....	80
ภาคผนวก.....	85
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	143

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ปริมาณโลหะหนักในแร่ธาตุต่างๆที่เป็นองค์ประกอบของหิน (Wedepohl, 1974).....	6
2.2 ปริมาณโลหะหนักที่พบในหินแกรนิต หินชั้น หินทรายและคาร์บอนเนต (Turekian and Wedepohl, 1961).....	6
2.3 วิธีการศึกษาโลหะหนักด้วยวิธีการสกัดตามลำดับขั้น (Sequential extraction).....	15
3.1 ที่ตั้งของสถานีเก็บตัวอย่าง ระยะทางจากปากแม่น้ำและชนิดของตัวอย่าง.....	23
3.2 วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของตะกอน.....	30
4.1 ค่า redox potential (Eh) ของดินตะกอนบริเวณที่ศึกษา.....	35
4.2 ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของดินตะกอนจากบริเวณที่ศึกษา.....	37
4.3 ปริมาณสารอินทรีย์ (%)ในดินตะกอนบริเวณที่ศึกษา.....	38
4.4 ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำในดินตะกอนบริเวณที่ศึกษา.....	39
4.5 ลักษณะเนื้อดินในดินตะกอนบริเวณที่ศึกษา.....	40
4.6 อายุและอัตราการตกตะกอนของดินตะกอน (ชม./ปี) ของดินตะกอนตามความลึก.....	41
4.7 ค่าเปอร์เซ็นต์คืนกลับของวิธี Total digestion (n=4).....	41
4.8 ค่า Detection limit ของเครื่อง Atomic Adsorption Spectrophotometer.....	42
4.9 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ในรูปไอโซรวม ในตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้า.....	47
4.10 ปริมาณแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสีจากแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง เปรียบเทียบในส่วนของต้นแสมขาว (<i>Avicennia alba</i> Bl.).....	60
4.11 ปริมาณแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสีในส่วนของต้นแสมขาว เปรียบเทียบในแต่ละสถานี (<i>Avicennia alba</i> Bl.).....	61
5.1 เปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนแม่น้ำท่าจีนตอนล่างที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Total digestion จากการศึกษาของ สนิท อักษรแก้วและคณะ(2542) เปรียบเทียบกับการศึกษาในครั้งนี้.....	68

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
5.2	ค่าความเข้มข้นสูงสุดของปริมาณโลหะรวม (ppm) ในดินตะกอนจากเอสทูรี ต่างๆ.....69
5.3	เปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักที่พบในรูปแบบต่างๆในดินตะกอนตามความลึก.....70
5.4	เปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในส่วนใบของพืชชายเลน.....73
5.5	ค่า concentration factor (CF) ของแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ในส่วนต่างๆของต้นแสมขาว74
๑1	สรุปผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้า.....98
๑2	สรุปผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก บริเวณฝั่ง ตะวันออกของปากแม่น้ำท่าจีน (สถานี C1).....99
๑3	สรุปผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก บริเวณฝั่ง ตะวันตกของปากแม่น้ำท่าจีน (สถานี C2).....100
๑4	สรุปผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก บริเวณ คลองสุนัขหอน (สถานี C3).....101
ข1	อายุของดินตะกอนจากสถานี C1 บริเวณฝั่งตะวันออกของปากแม่น้ำ.....105
ข2	อายุของดินตะกอนจากสถานี C2 บริเวณฝั่งตะวันตกของปากแม่น้ำ.....105
ข3	อายุของดินตะกอนจ กสถานี C3 บริเวณคลองสุนัขหอน.....106
ข1	ผลการหาค่า % คืนกลับ (% recovery) ของการสกัดด้วยวิธี Total Digestion.....107
ณ1	ผลการหาค่า Detection limit ของทองแดงและตะกั่วของเครื่อง Atomic Adsorption Spectrophotometer108
ณ1	ปริมาณแคดเมียมและทองแดงในตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าที่วิเคราะห์ด้วย วิธีSequential extraction (ไมโครกรัม/กรัม นน.แห้ง).....109
ณ2	ปริมาณตะกั่วและสังกะสีในตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าที่วิเคราะห์ด้วย วิธีSequential extraction extraction (ไมโครกรัม/กรัม นน.แห้ง).....110
ฎ1	ปริมาณแคดเมียมและทองแดงในตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก บริเวณฝั่ง ตะวันออกของปากแม่น้ำ (สถานี C1) ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีSequential extraction(ไมโครกรัม/กรัม นน.แห้ง).....111

สารบัญญัตราสาร (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ฎ2	ปริมาณตะกั่วและสังกะสีในตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก บริเวณฝั่ง ตะวันออกของปากแม่น้ำ (สถานี C1) ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีSequential extraction(ไม่โครกรัม/กรัม นน.แห้ง).....112
ฎ3	ปริมาณแคดเมียมและทองแดงในตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก บริเวณฝั่ง ตะวันตกของปากแม่น้ำ (สถานี C2) ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีSequential extraction(ไม่โครกรัม/กรัม นน.แห้ง).....113
ฎ4	ปริมาณตะกั่วและสังกะสีในตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก บริเวณฝั่ง ตะวันตกของปากแม่น้ำ (สถานี C2) ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีSequential extraction(ไม่โครกรัม/กรัม นน.แห้ง).....114
ฎ5	ปริมาณแคดเมียมและทองแดงในตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก บริเวณ คลองสุนัขหอน(สถานี C3) ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีSequential extraction (ไม่โครกรัม/กรัม นน.แห้ง).....115
ฎ6	ปริมาณตะกั่วและสังกะสีในตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก บริเวณ คลองสุนัขหอน(สถานี C3) ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีSequential extraction (ไม่โครกรัม/กรัม นน.แห้ง).....116
ฎ1	ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของปริมาณ แคดเมียม ทองแดง ตะกั่วและสังกะสี เปรียบเทียบในแต่ละส่วนของดินแสมขาว แยกตามสถานีเก็บตัวอย่าง.....117
ฐ1	ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของปริมาณ แคดเมียม ทองแดง ตะกั่วและสังกะสี เปรียบเทียบในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง แยกตามส่วนของดินแสมขาว.....127
ฑ1	รายชื่อโรงงานที่ตั้งอยู่บริเวณริมฝั่งแม่น้ำท่าจีนตอนล่างและคลองต่างๆ.....134
ฒ1	ปริมาณแคดเมียมและทองแดง ในตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าที่อยู่ในรูป Total metal Total non-residual และ Residual.....141
ฒ2	ปริมาณตะกั่วและสังกะสี ในตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าที่อยู่ในรูป Total metal Total non-residual และ Residual142

สารบัญญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
2.1	Eh-pH ไดอะแกรมของ สังกะสี สำหรับระบบของ $Zn+S+CO_2+H_2O$ (Hem, 1972).....8
3.1	จุดเก็บตัวอย่างบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง.....22
3.2	ขั้นตอนการวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่างตะกอนผิวหน้า.....28
3.3	ขั้นตอนการวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่างตะกอนตามความลึก.....29
3.4	วิธีการสกัดตามลำดับขั้น (Sequential extraction).....31
4.1	กราฟแสดงค่า Eh ในตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าตามลําน้ำ.....35
4.2	กราฟแสดงค่า Eh ในดินตะกอนตามความลึกทั้ง 3 สถานี.....36
4.3	กราฟแสดงปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนผิวหน้า.....38
4.4	กราฟแสดงปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนตามความลึกทั้ง 3 สถานี.....39
4.5	ปริมาณแคดเมียมและทองแดงเปรียบเทียบในแต่ละรูปแบบในดินตะกอน ผิวหน้าที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Sequential extraction (ไม่โครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง).....43
4.6	ปริมาณตะกั่วและสังกะสีในแต่ละรูปแบบในดินตะกอนผิวหน้าที่วิเคราะห์ ด้วยวิธี Sequential extraction (ไม่โครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง).....44
4.7	ปริมาณแคดเมียมและทองแดงในแต่ละรูปแบบที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Sequential extraction ในดินตะกอนตามความลึกสถานี C1 (ไม่โครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง).....49
4.8	ปริมาณตะกั่วและสังกะสีในแต่ละรูปแบบที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Sequential extraction ในดินตะกอนตามความลึก สถานี C1 (ไม่โครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง).....50
4.9	ปริมาณแคดเมียมและทองแดงในแต่ละรูปแบบที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Sequential extraction ในตัวอย่างดินตะกอนตามความลึกสถานี C2 (ไม่โครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง).....51
4.10	ปริมาณตะกั่วและสังกะสีในแต่ละรูปแบบที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Sequential extraction ในตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก สถานี C2 (ไม่โครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง).....52

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
4.11	ปริมาณแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสีในแต่ละรูปแบบที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Sequential extraction ในตัวอย่างดินตะกอนตามความลึกสถานี C3 (ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง).....53
4.12	ปริมาณแคดเมียมและทองแดงจากแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง เปรียบเทียบในแต่ละส่วนของต้นแสมขาว.....56
4.13	ปริมาณตะกั่วและสังกะสีจากแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง เปรียบเทียบในแต่ละส่วนของต้นแสมขาว.....57
4.14	ปริมาณแคดเมียมและทองแดงจากส่วนต่างๆของต้นแสมขาว เปรียบเทียบในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง58
4.15	ปริมาณตะกั่วและสังกะสีจากส่วนต่างๆของต้นแสมขาว เปรียบเทียบในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง59
5.1	เปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมและทองแดงในตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้า ที่อยู่ในรูป Total non-residual และ Total metal.....65
5.2	เปรียบเทียบปริมาณตะกั่วและสังกะสีในตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้า ที่อยู่ในรูป Total non-residual และ Total metal.....66
5.3	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทองแดงในต้นแสมขาวกับในดินตะกอนรูปแบบต่างๆ.....76
ข1	ใบของต้นแสมขาว.....91
ข2	ดอกของต้นแสมขาว.....91
ข3	ผลของต้นแสมขาว.....92
ข4	ต้นแสมขาว.....92
ง1	สามเหลี่ยมจำแนกลักษณะเนื้อดิน.....97
ฉ1	ค่า isotope activity ของ Pb-210 ในดินตะกอนตามความลึก.....104