

Final Report

Bioavailability and bioaccumulation of As, Cd, Pb and Zn in sediment and mangrove plants (*Sonneratia caseolaris* and *Rhizophora apiculata*) in Songkhla Lake, Thailand

by

Asst. Prof. Dr. Siriporn Pradit

Dr. Manasawan S. Pattaratumrong

Prof. Dr. Noor Azhar Mohamed Shazili

This work was financially supported by the budget revenue of Prince of Songkla University under contract number COR590528S.

1. Project title:

- Bioavailability and bioaccumulation of As, Cd, Pb and Zn in sediment and mangrove plants (*Sonneratia caseolaris* and *Rhizophora apiculata*) in Songkhla Lake, Thailand

2. Research Team:

- Asst. Prof. Dr. Siriporn Pradit

Coastal Oceanography and Climate Change Research Center, Marine and Coastal Resources Institute (MACORIN), Prince of Songkla, University, Hat Yai, Songkhla, 90110

- Dr. Manasawan S. Pattaratumrong

Coastal Oceanography and Climate Change Research Center, Marine and Coastal Resources Institute (MACORIN), Prince of Songkla, University, Hat Yai, Songkhla, 90110

- Prof. Dr. Noor Azhar Mohamed Shazili

Universiti Malaysia Terengganu, 21030 Kuala Terengganu, Malaysia

3. Acknowledgement

- This work was financially supported by the Prince of Songkla University under contract number COR590528S.

4. Abstract (in English and Thai)

• The aim of this work was to determine the concentration of heavy metals (Zn, As, Cd and Pb) fraction in mangrove sediments using the European Community Bureau of Reference (BCR) sequential extraction method. The sampling was conducted in August 2016 and November 2016 at 8 stations in the Songkhla Lagoon in Southern Thailand. Metal concentrations were determined using the Inductively Coupled Plasma Mass Spectrophotometer (ICPMS). In August Zn (98.57% at st. 8) has the highest concentration of present heavy metals in the mangrove sediments followed by As (98.35% at st.7), Cd (97.82% at st. 8) and Pb (97.12% at st. 5). In November, Zn (96.38% at st.3), As (98.30% at st.7), Cd (97.72 % at st.7), Pb (97.40% at st.1) were the highest. The bioavailability of all metals in both months was higher than 80% and the total concentration of As and Pb are higher than the background values and classify as heavily polluted and effects low range according to respectively USEPA and NOAA. The second work investigates on the accumulation of heavy metals (As, Cd, Pb and Zn) in two dominant mangrove species, *Rhizophora apiculata* and *Sonneratia caseolaris*, both

in plant tissues (root, bark and leaves). The mean total concentration of As, Cd, Pb and Zn in mangrove sediments of the *R. apiculata* and *S. caseolaris* plant species were found to be respectively 39.53 ± 12.61 , 0.088 ± 0.037 , 66.7 ± 14.44 and $87.03 \pm 27.89 \mu\text{g/g}$ dry weight and 3.60 ± 1.29 , $0.027-0.002$, 0.93 ± 0.29 and $26.79 \pm 10.31 \mu\text{g/g}$ dry weight. A bio concentration factor (BCF) value <1 for all heavy metals (As, Cd, Pb and Zn) was observed in the *R. apiculata*. For the *S. caseolaris* a $\text{BCF} > 1$ was found for all these elements in leaves and for Pb in its roots. A translocation factor (TF) value > 1 for As appears for both species and in the bark of the *R. apiculata*. Therefore based on this study the *S. caseolaris* is considered as an accumulator ($\text{BCF} > 1$) mangrove plant while the *R. apiculata* is considered as an excluder ($\text{BCF} < 1$) mangrove plant.

- งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณของโลหะหนัก (Zn, As, Cd and Pb) ในดินตะกอนบริเวณป่าชายเลนเพื่อนำมาศึกษาสถานะทางเคมีของโลหะหนักด้วยวิธีการสกัดแบบลำดับชั้น ตามแบบของ European Community Bureau of Reference (BCR) ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559 และ พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 จำนวน 8 สถานี ในทะเลสาบสงขลา โดยความเข้มข้นของโลหะวัดด้วยเครื่อง Induced Coupled Plasma Mass Spectrophotometer (ICPMS) ผลการศึกษาพบว่า ในเดือนสิงหาคม Zn (98.57% ที่ st. 8) มีปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนมากที่สุดรองลงมาคือ As (98.35% ที่ สถานี 7), Cd (97.82% ที่ สถานี 8) และ Pb (97.12% ที่ สถานี 5) ในเดือนพฤศจิกายน Zn (96.38% ที่ สถานี 3), As (98.30% ที่ สถานี 7), Cd (97.72% ที่ st.7), Pb (97.40% ที่ st.1) รูปของโลหะที่ปนเปื้อนในชีวภาพได้ของโลหะทุกตัวที่ศึกษา ทั้งสองเดือนสูงกว่า 80% และความเข้มข้นรวมของ As และ Pb สูงกว่าค่าพื้นฐาน และอยู่ในระดับเป็นพิษสูง ตามเกณฑ์ USEPA และจำแนกเป็นผลกระทบต่ำ ตาม NOAA อีกหนึ่งวัตถุประสงค์คือการศึกษาการสะสมของโลหะหนัก (As, Cd, Pb and Zn) ในป่าชายเลนที่สำคัญ ได้แก่ โกงการใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) และ ลำพู (*Sonneratia caseolaris*) ทั้งในเนื้อเยื่อพืช (ราก เปลือก และใบ) ผลการศึกษาพบความเข้มข้นเฉลี่ยของ As, Cd, Pb และ Zn ในดินตะกอนบริเวณใต้ต้น *R. apiculata* และ *S. caseolaris* เท่ากับ 39.53 ± 12.61 , 0.088 ± 0.037 , 66.7 ± 14.44 และ $87.03 \pm 27.89 \mu\text{g} / \text{g}$ แห่ง น้ำหนัก และ 3.60 ± 1.29 , $0.027-0.002$, 0.93 ± 0.29 และ $26.79 \pm 10.31 \mu\text{g} / \text{g}$ น้ำหนักแห้ง และมีค่าความเข้มข้นของสารชีวภาพ (BCF) <1 สำหรับโลหะหนักทั้งหมด (As, Cd, Pb และ Zn) ใน *R. apiculata* สำหรับ *S. caseolaris* พบ $\text{BCF} > 1$ ในใบและสำหรับ Pb ในราก ค่าการเคลื่อนที่ของโลหะหนักในดินสู่ลำต้น (translocation factor) (TF) > 1 ของ As พบในเปลือกทั้งโกงการใบเล็กและ พบในเปลือกสำหรับ *R.*

apiculata ดังนั้นจากการศึกษาครั้งนี้ มีแนวโน้มว่า *S. caseolaris* ถือเป็นพืชป่าชายเลนแบบ accumulator (BCF > 1) ในขณะที่ *R. apiculata* ถือเป็นพืชป่าชายเลนแบบ excluder

5. Executive Summary

Introduction

Mangroves are potentially large depositories of sediment-associated trace metals due to their low redox potential and significant amount of H₂S present [1-3], making it important to assess the mobility of trace metals in such environments [4]. Mangrove sediments are anaerobic and reduced, as well as being rich in sulphides and organic matter. Thus, they have been successful in retaining heavy metals from anthropogenic and industrial pollutants. The total metal content of the sediments may not be able to provide a clear picture of the metal loadings and their behaviour (such as mobility, toxicity and bioavailability) with changing environmental conditions [5]. Occasionally, in function of physical and chemical changing of environments, metals can be released into pore water and reach aquatic biota [6], where they may suffer bioaccumulation and biomagnification, as is the case of Hg [3]. In sediments, heavy metals are present in different geochemical forms which determine their mobilization capacity and bioavailability [7]. Assessment of heavy metal contamination of the coastal environment based on total metal is not sufficient for an understanding of their environmental behaviour. This is because only a fraction of the total metal is available for biological processes. Sequential extraction can provide information about the identification of the main binding to the particulates and the phase associations of elements in sediment [8].

Numerous sequential extraction methods have been developed which differ according to the type of reagent being used as an extractant, the experimental conditions applied and the number of steps involved to achieve different chemically bound fractions [9-14]. In the present study, the three-step modified European Community Bureau of Reference (BCR) sequential extraction procedure [13] was used.

Objectives

- a) To study the bioavailability and accumulation of metals (As, Cd, Pb and Zn) in mangrove sediment from Songkhla Lake
- b) To study the bioaccumulation of metals (As, Cd, Pb and Zn) in mangrove plants (*Sonneratia caseolaris* and *Rhizophora apiculata*)