การจำลองสภาพแวดล้อมบรรพกาลบริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง โดยอ้างอิงจากตัวบ่งชี้เรณูวิทยา

นางสาววรกมล นัดนะรา

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2559

PALEOENVIRONMENTAL RECONSTRUCTION BASED ON PALYNOLOGY IN THALE NOI, PHATTHALUNG

Miss Worakamon Nudnara

A Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Bachelor of Science Program in Geology

Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Academic Year 2016

หัวข้อโครงงาน	การจำลองสภาพแวดล้อมบรรพกาลบริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง โดยอ้างอิงจากตัวบ่งชี้เรณูวิทยา
โดย	นางสาววรกมล นัดนะรา
สาขาวิชา	ธรณีวิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานหลัก	อาจารย์ ดร.อัคนีวุธ ชะบางบอน
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานร่วม	อาจารย์ ดร.ปรมิตา พันธ์วงศ์

วันที่ส่ง.....

วันที่อนุมัติ.....

.....

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานหลัก

(อาจารย์ ดร.อัคนีวุธ ชะบางบอน)

.....

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานร่วม

(อาจารย์ ดร.ปรมิตา พันธ์วงศ์)

วรกมล นัดนะรา : การจำลองสภาพแวดล้อมบรรพกาลบริเวณทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง โดยอ้างอิงจากตัวบ่งชี้เรณูวิทยา. (PALEOENVIRONMENTAL RECONSTRUCTION BASED ON PALYNOLOGY IN THALE NOI, PHATTHALUNG) อ.ที่ปรึกษาโครงงานวิจัยหลัก : อ.ดร. อัคนีวุธ ชะบางบอน, อ.ที่ปรึกษาโครงงานวิจัยร่วม : อ.ดร.ปรมิตา พันธ์วงศ์, 33 หน้า

เรณูวิทยาเป็นตัวบ่งชี้หนึ่งที่มีการใช้ศึกษาสภาพแวดล้อมบรรพกาลอย่างแพร่หลาย เนื่องจากลักษณะเฉพาะของสัณฐานเรณูสามารถบ่งบอกชนิดของพืชได้ ทำให้ทราบสภาพแวดล้อมที่พืชชนิดนั้นมีการเจริญเติบโต ในการศึกษาครั้งนี้จะนำตัวอย่างจากแท่งตะกอน TLN-CP5 ที่ได้จากทะเลน้อยมาทำการจำลองสภาพแวดล้อม ใช้จำนวนตะกอน 16 ตัวอย่าง เพื่อนำมาสกัดละอองเรณูออกจากชั้นตะกอนแล้วนำไปวิเคราะห์เพื่อนำไปบ่งบอกการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมบริเวณพื้นที่ศึกษา

จากการศึกษากลุ่มของละอองเรณู สามารถจำแนกกลุ่มของพืชตามสภาพแวดล้อมได้ 3 สภาพแวดล้อม ได้แก่ สภาพแวดล้อมป่าชายเลน, สภาพแวดล้อมหลังป่าชายเลน และสภาพแวดล้อมแบบพรุน้ำจืด ช่วงเวลาก่อน 8,170 ปีก่อน บริเวณนี้มีสภาพแวดล้อมเป็นทะเล ต่อมาได้สภาพแวดล้อมป่าชายเลนขึ้นเมื่อประมาณ 8,170 ปีก่อน แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสภาพแวดล้อมหลังป่าชายเลนเมื่อประมาณ 8,125 ปีก่อน ต่อมาการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมกลับไปเป็นป่าชายเลนอีกครั้งหนึ่งเมื่ออายุประมาณ 8,000 ปีก่อน หลังจากนั้นจะเกิดสภาพแวดล้อมแบบพรุน้ำจืดแทนที่ป่าชายเลนแล้วพัฒนาตัวกลายเป็นทะเลน้อยในปัจจุบัน

ภาควิชา : ธรณีวิทยา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา : ธรณีวิทยา ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา : 2559 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5632738823 : Major Geology

KEYWORDS : PALEOENVIRONMENT / LAKE SEDIMENT / PALYNOLOGY / RECONSTRUCTION

WORAKAMON NUDNARA : PALEOENVIRONMENTAL RECONSTRUCTION BASED ON PALYNOLOGY IN THALE NOI, PHATTHALUNG. ADVISOR : AKKANEEWUT CHABANGBORN, Ph.D., CO-ADVISOR : PARAMITA PUNWONG, Ph.D., 33 pp.

Palynology is widely used in paleoenvironmental reconstruction. Pollen have specific morphology and can be trace back to their parents. I used sediment samples collected from Thale Noi to assess the past environment in the study area. 16 sediment samples have been selected, extract pollen and analyze.

Pollen assemblages can be divided into 3 zones followed their ecology, i.e. mangrove, back mangrove, and freshwater swamp. Mangrove, back mangrove, and freshwater swamp environment were dominated by environment *Rhizophora*, *Acrostichum, and* family Poaceae respectively. This area is possibly covered by the sea before 8,170 year BP. Then, pollen records indicate an occupy of mangrove environment at about 8,170 year BP. The mangrove was suddenly replaced by back mangrove at about 8,125 year BP. The back mangrove had prevailed and the environment returned to mangrove about 8,000 year BP. Finally, it was replaced by freshwater swamp environment.

Department : Geology Student's signature .....

Field of study : Geology Advisor's signature .....

Academic Year : 2016 Co-advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยนี้เสร็จสิ้นลงได้ด้วยทุกคำแนะนำและทุกความช่วยเหลือ จึงขอกล่าวขอบคุณบุคคลต่างๆ ดังต่อไปนี้

อาจารย์ ดร.อัคนีวุธ ชะบางบอน สำหรับคำแนะนำและการชี้แนะแนวทาง รวมถึงการตรวจสอบความถูกต้องในการทำโครงงานนี้ ตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บข้อมูลภาคสนามตลอดมาจนถึงการนำเสนอและการจัดทำรูปเล่ม

อาจารย์ ดร.ปรมิตา พันธ์วงศ์ สำหรับการให้ความรู้ทางด้านเรณูวิทยาทั้งในทางทฤษฎี และทางปฏิบัติ ร่วมถึงการช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกทางด้านเครื่องมือและสถานที่ในการสกัดตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

อาจารย์ ดร.อภิสิทธิ์ ซาลำ สำหรับการสนับสนุนและอำนวยความสะดวกทางด้านอุปกรณ์ในขั้นตอนระบุชนิดละอองเรณู ทั้งกล้องจุลทรรศน์และกล้องถ่ายรูป

นายกาญจน์ เผื่อนทอง สำหรับการสนับสนุนและช่วยเหลือในการทำงาน ตั้งแต่การออกภาคสนาม ตลอดจนการเดินทางเพื่อไปปฏิบัติการในห้องทดลองนอกสถานที่ รวมถึงการเอื้อเฟื้อข้อมูลงานวิจัย ทำให้ได้ผลที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

นายนภดล อยู่แจ่ม สำหรับข้อมูลพื้นฐานและคำแนะนำที่ได้ใช้ต่อยอดในงานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณนิสิตปัจจุบันทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำงานให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทที่ 1 บทนำ (Introduction)	1
1.1 บทนำ	1
1.2 พื้นที่ศึกษา	1
1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
บทที่ 2 วิธีการดำเนินงานวิจัย (Methodology)	5
2.1 การเตรียมตัวอย่าง	5
2.1.1 การเลือกตัวอย่าง	5
2.1.2 การสกัดตัวอย่าง	5
2.1.3 การแยกละอองเรณูออกจากตะกอน	10
2.1.4 การเตรียมสไลด์ตัวอย่าง	10
2.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง	11
บทที่ 3 ผลการศึกษา (Results)	13
บทที่ 4 อภิปรายผล (Discussions)	22
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	24
เอกสารอ้างอิง	27
ภาคผนวก	28
ภาคผนวก ก	29

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 1-1	แสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณทะเลน้อย	2
รูปที่ 1-2	แสดงผลการแปลสภาพแวดล้อมจากการศึกษาละอองเรณู (modified from Horton et al., 2005)	3
รูปที่ 2-1	แสดงหน่วยตะกอนและการเทียบสัมพันธ์ของแท่งตะกอนในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก (modified from Yoojam, 2015)	5
รูปที่ 2-2	แสดงตัวอย่างไลโคโพเดียม (lycopodium marker) ก่อนทำละลายด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์	6
รูปที่ 2-3	ขั้นตอนการละลายตะกอนด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์บนเครื่องให้ความร้อนเพื่อให้ตะกอนไม่จับตัวกัน	7
รูปที่ 2-4	การกรองตะกอนลงบนกระดาษกรอง 200 ไมครอนที่ถูกมัดอยู่บนหลอดโพลีโพรพิลีน	7
รูปที่ 2-5	ขั้นตอนการปั่นแยกโดยใช้เครื่องปั่นแยกที่ความถี่ 2,000 รอบต่อนาที	8
รูปที่ 2-6	ขั้นตอนการปั่นผสมด้วยเครื่องผสมสารละลาย	8
รูปที่ 2-7	ตัวอย่างสารละลายแกลเซียลอะซิติกที่ใช้ในการล้างตะกอน	9
รูปที่ 2-8	ตัวอย่างกรดซัลฟิวริกเข้มข้นกับอะซิติกแอนไฮไดรด์ โดยจะถูกนำมาผสมกันในอัตราส่วน 1:9	9
รูปที่ 2-9	การวางพาราฟินรอบหยดตัวอย่างเพื่อทำละลายเป็นตัวประสานระหว่างกระจกสไลด์และกระจกปิดสไลด์	11
รูปที่ 2-10	แสดงการแบ่งสภาพแวดล้อมการเจริญเติบโตของพืชอ้างอิงจากงานวิจัยของ Kamaludin (1989)	12
รูปที่ 3-1	แสดงจำนวนของละอองเรณูแต่ละชนิดในหน่วยร้อยละพร้อมทำการจำแนกตามสภาพแวดล้อม	14
รูปที่ 3-2	ละอองเรณูของพืชสกุล *Rhizophora*	15
รูปที่ 3-3	ละอองเรณูของพืชสกุล *Bruguiera*	15
รูปที่ 3-4	ละอองเรณูของพืชสกุล *Stenochlaena*	16
รูปที่ 3-5	ละอองเรณูของพืชสกุล *Acrostichum*	16
รูปที่ 3-6	ละอองเรณูของพืชสกุล *Xylocarpus*	17
รูปที่ 3-7	ละอองเรณูของพืชสกุล *Avicennia*	17
รูปที่ 3-8	ละอองเรณูของพืชในวงศ์ Poaceae	18
รูปที่ 3-9	ละอองเรณูของพืชในวงศ์ Myrtaceae	18
รูปที่ 3-10	ละอองเรณูของพืชในวงศ์ Cyperaceae	19

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 3-11	ละอองเรณูของพืชในวงศ์ Polygalaceae	19
รูปที่ 3-12	ละอองเรณูของพืชสกุล *Barringtonia*	20
รูปที่ 3-13	ละอองเรณูของพืชสกุล *Suaeda*	20
รูปที่ 3-14	สปอร์ของ *Lycopodium*	21
รูปที่ 4-1	แผนภูมิแสดงจำนวนละอองเรณูในแต่ละชั้นความลึกโดยจำแนกตามสภาพแวดล้อมการสะสมตัว	22
รูปที่ 5-1	แสดงสภาพแวดล้อมการสะสมตัวแบบทะเล อายุก่อน 8,170 ปีก่อน	24
รูปที่ 5-2	แสดงสภาพแวดล้อมป่าชายเลน ช่วงอายุ 8,170 – 8,125 ปีก่อน	24
รูปที่ 5-3	แสดงสภาพแวดล้อมแบบหลังป่าชายเลน ช่วงอายุ 8,125 – 8,000 ปีก่อน	25
รูปที่ 5-4	แสดงสภาพแวดล้อมป่าชายเลน ช่วงอายุ 8,000 - ปัจจุบัน	25
รูปที่ 5-5	แสดงสภาพแวดล้อมแบบพรุน้ำจืดในปัจจุบัน	26
รูปที่ 6-1	ละอองเรณูของพืชสกุล *Acrostichum* (Punwong, 2007)	29
รูปที่ 6-2	ละอองเรณูของพืชสกุล *Avicennia* (Punwong, 2007)	29
รูปที่ 6-3	ละอองเรณูของพืชสกุล *Barringtonia* (http://apsa.anu.edu.au)	29
รูปที่ 6-4	ละอองเรณูของพืชสกุล *Bruguiera* (Punwong, 2007)	30
รูปที่ 6-5	ละอองเรณูของพืชสกุล *Casuarina* (http://apsa.anu.edu.au)	30
รูปที่ 6-6	ละอองเรณูของพืชสกุล *Oncosperma* (Punwong, 2007)	30
รูปที่ 6-7	ละอองเรณูของพืชสกุล *Rhizophora* (Punwong, 2007)	31
รูปที่ 6-8	ละอองเรณูของพืชสกุล *Sonneratia* (Punwong, 2007)	31
รูปที่ 6-9	ละอองเรณูของพืชสกุล *Stenochlaena* (Punwong, 2007)	31
รูปที่ 6-10	ละอองเรณูของพืชสกุล *Suaeda* (Punwong, 2007)	32
รูปที่ 6-11	ละอองเรณูของพืชสกุล *Xylocarpus* (Punwong, 2007)	32
รูปที่ 6-12	ละอองเรณูของพืชในวงศ์ Cyperaceae (Punwong, 2007)	32
รูปที่ 6-13	ละอองเรณูของพืชในวงศ์ Myrtaceae (http://apsa.anu.edu.au)	33
รูปที่ 6-14	ละอองเรณูของพืชในวงศ์ Poaceae (Punwong, 2007)	33
รูปที่ 6-15	ละอองเรณูของพืชในวงศ์ Polygalaceae (http://apsa.anu.edu.au)	33

บทที่ 1 บทนำ (Introduction)

1.1 บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในแต่ละช่วงเวลาเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิต โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิประเทศ อันเป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเล ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อการตั้งถิ่นฐาน ทรัพยากรธรรมชาติ และในด้านอื่นๆ ตามมาอีกมากมาย นำไปสู่การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมบรรพกาล เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเตรียมความพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

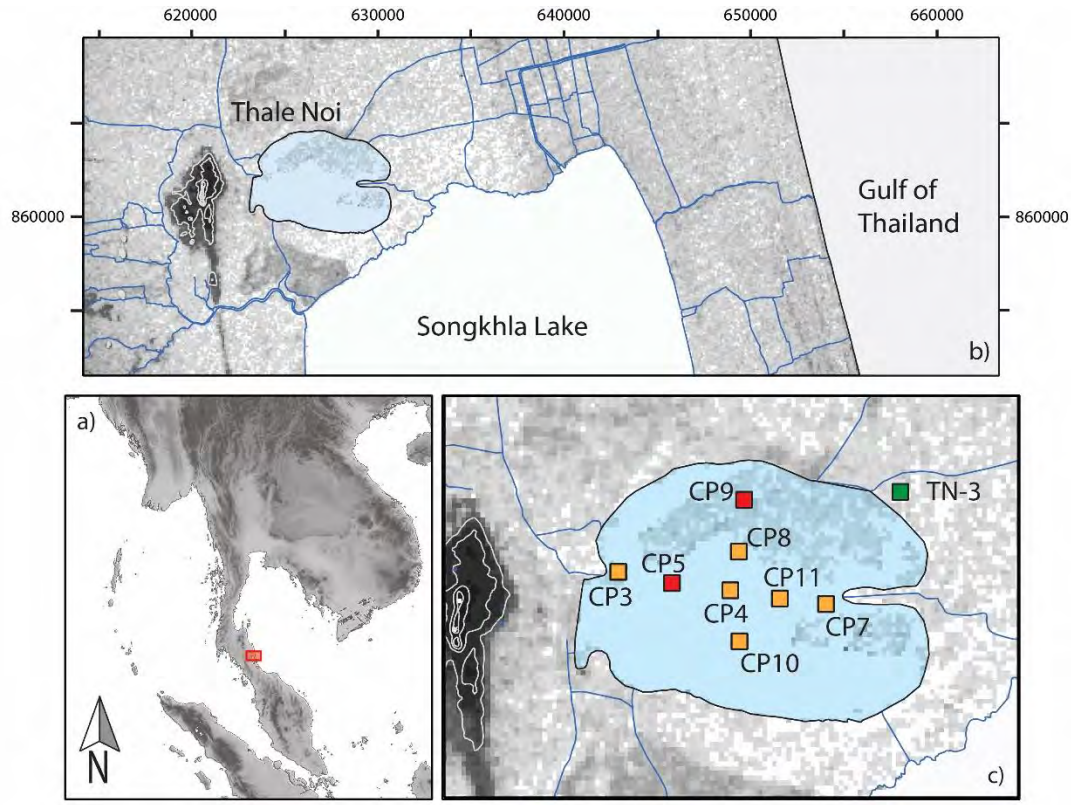
การใช้ตะกอนทะเลสาบเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมบรรพกาล เนื่องจากหลักฐานต่างๆที่ถูกเก็บรักษาไว้ในชั้นตะกอนจะไม่ถูกรบกวนจากปัจจัยภายนอก หนึ่งในตัวบ่งชี้จากตะกอนทะเลสาบที่นิยมนำมาศึกษา ได้แก่ ละอองเรณู ซึ่งเป็นเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ของพืช โดยละอองเรณูจะมีลักษณะเฉพาะที่ทำให้ระบุชนิดของพืชได้ เมื่อทราบชนิดของพืชก็จะสามารถระบุสภาพแวดล้อมที่พืชมีการเจริญเติบโตขึ้นมาได้

1.2 พื้นที่ศึกษา

ทะเลน้อยตั้งอยู่ในตำบลทะเลน้อย และตำบลพนางตุง อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง มีเนื้อที่ประมาณ 30 ตารางกิโลเมตร ลักษณะความสูงของพื้นที่ต่ำกว่าบริเวณโดยรอบ ทางด้านตะวันตกมีพื้นที่ติดกับภูเขาสูง มีคลองนางเรียมและคลองบ้านกลางเชื่อมต่อกับทะเลหลวงซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของทะเลสาบสงขลาทางทิศใต้ สันนิษฐานว่าแหล่งที่มาของตะกอนและน้ำที่เข้าสู่ทะเลน้อยมาจาก 2 ทิศทางนี้ (รูปที่ 1-1 b)

บริเวณแหลมสทิงพระทางด้านตะวันออกของทะเลสาบสงขลาเป็นบริเวณเงาฝนที่จะไม่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ปริมาณน้ำฝนส่วนใหญ่จึงมาจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ มีค่าเฉลี่ย 1,200 – 1,500 มิลลิเมตรต่อปี แต่บริเวณทางขอบด้านใต้ ตะวันตก และเหนือของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาจะมีปริมาณน้ำฝนมากถึง 1,500 – 2,000 มิลลิเมตรต่อปี เนื่องจากได้รับอิทธิพลของฝนจากทั้งลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ระดับน้ำขึ้น - น้ำลงมีค่าเฉลี่ย 1.90 เมตร (microtidal) ฝั่งตะวันตกของทะเลน้อยจะมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขา ต่างจากทางฝั่งตะวันออกที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบไปจนถึงทะเลฝั่งอ่าวไทย (Horton et al, 2005)

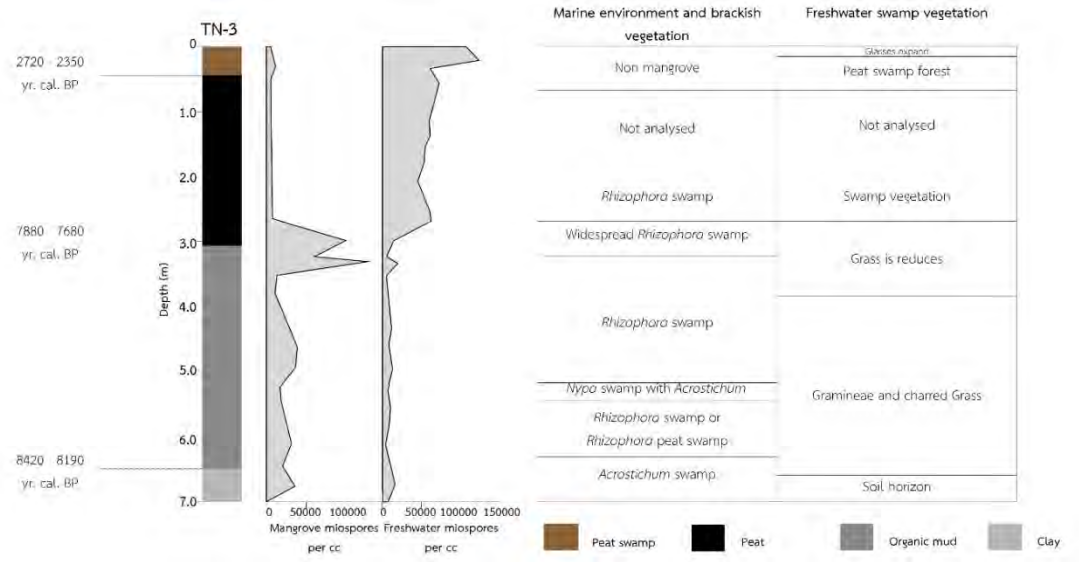
ลักษณะทางธรณีวิทยาเป็นตะกอนยุคควอเทอนารี โดยตะกอนส่วนใหญ่ทางด้านตะวันตกเกิดจากการสะสมตัวแบบทะเลสาบน้ำจืด (lake swamp deposit) และตะกอนทางด้านตะวันออกบริเวณใกล้เคียงกับทะเลหลวงเกิดจากการสะสมตัวแบบป่าชายเลน (mangrove) (ชัยมณี และคณะ, 2529)



รูปที่ 1-1 a, b, c แสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณทะเลน้อย

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Horton และคณะ (2005) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมบรรพกาลบริเวณทะเลน้อย โดยใช้ตัวบ่งชี้ทางเรณูวิทยา และการศึกษาลักษณะของตะกอนทะเลสาบ รวมถึงการหาอายุการสะสมตัวด้วยวิธีการหาอายุด้วยวิธีการ radiocarbon dating จากหลักฐานทางเรณูวิทยา สามารถจำแนกกลุ่มของละอองเรณูตามสภาพแวดล้อมออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ สภาพแวดล้อมทะเลและน้ำกร่อย (marine environment and brackish vegetation) และสภาพแวดล้อมแบบพรุน้ำจืด (freshwater swamp vegetation) พบว่าเริ่มมีสภาพแวดล้อมป่าชายเลนเกิดขึ้นเมื่อประมาณ 8,420 – 8,190 ปีก่อน หลังจากนั้นเกิดสภาพแวดล้อมพรุน้ำจืด (freshwater swamp) เข้ามาแทนที่เมื่อประมาณ 2,720 – 2,350 ปีก่อน เนื่องจากการลดลงของระดับน้ำทะเล และพัฒนาตัวต่อมาเป็นทะเลน้อยในปัจจุบัน



รูปที่ 1-2 แสดงการแปลผลสภาพแวดล้อมจากการศึกษาละอองเรณู (modified from Horton, 2005)

Yoojam (2015) ได้ทำการจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมบรรพกาลบริเวณทะเลน้อย โดยได้เก็บแท่งตะกอน (core) ในแนวตะวันออก – ตะวันตก ได้แก่ TLN-CP3, TLN-CP5, TLN-CP4, TLN-CP11, TLN-CP7 และแนวเหนือ – ใต้ ได้แก่ TLN-CP9, TLN-CP8, TLN-CP4, TLN-CP10 เป็นจำนวน 8 แท่ง (รูปที่ 1-1 c) โดยมีแท่งตะกอน TLN-CP4 เป็นจุดร่วม แต่ละตำแหน่งมีระยะห่างกันประมาณ 1 กิโลเมตร หลังจากนั้นได้ทำการลำดับชั้นตะกอนและเทียบสัมพันธ์แท่งตะกอนที่เก็บจากตำแหน่งเดียวกันเพื่อสร้างเป็นความลึกร่วม (composite depth) เพื่อเป็นตัวแทนในการเทียบสัมพันธ์กับแท่งตะกอนในตำแหน่งอื่น ร่วมกับการวิเคราะห์ลักษณะตะกอนด้วยวิธีการเปรียบเทียบมวลของตะกอนที่หายไปหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส (Loss on ignition, LOI)

ผลจากการลำดับชั้นตะกอนพบว่าสามารถแบ่งหน่วยตะกอนได้ 5 หน่วย ได้แก่ หน่วย E และ D เป็นตะกอนโคลนสีเทาอ่อน มีอินทรีย์วัตถุปะปนอยู่น้อย แสดงถึงการรุกล้ำเข้ามาของน้ำทะเล ชั้นถัดมาได้แก่ตะกอนหน่วย C มีลักษณะเป็นตะกอนที่มีอินทรีย์วัตถุปะปนอยู่มาก แสดงถึงการพัฒนาตัวเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำเนื่องจากเกิดการลดลงของระดับน้ำทะเล ลำดับถัดมาได้แก่ชั้นตะกอนในหน่วย B มีลักษณะเป็นตะกอนโคลนสีเทาถึงเทาเข้ม มีปริมาณอินทรีย์วัตถุมากกว่าตะกอนในหน่วย D และ E เล็กน้อย แสดงถึงการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลอีกครั้ง ร่วมกับการเริ่มมีปริมาณน้ำจืดไหลเข้าสู่ทะเลน้อย ทำให้เกิดสภาพแวดล้อมการสะสมตัวแบบที่ราบน้ำขึ้นถึง (tidal flat) ชั้นตะกอนด้านบนสุดได้แก่ ตะกอนในหน่วย A มีลักษณะเป็นตะกอนทะเลสายสีเทาเข้าถึงน้ำตาลเข้ม แสดงถึงการพัฒนาตัวเป็นทะเลสาบน้ำจืดในปัจจุบัน

นอกจากนั้น ยังพบข้อสังเกตว่าชั้นตะกอนทางด้านตะวันออกมีลักษณะของชั้นตะกอนโคลนในหน่วย B ที่มีความหนามาก บ่งบอกถึงการสะสมตัวแบบที่ราบน้ำขึ้นถึง และทางด้านตะวันตก พบลักษณะของชั้นตะกอนทะเลสาบในหน่วย A มีความหนากว่าตำแหน่งอื่นๆในด้านตะวันออก บ่งบอกถึงการสะสมตัวเป็นทะเลสาบน้ำจืด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของชัยมณี และคณะ (2529) ที่ระบุว่า

พื้นที่ทางด้านตะวันตกของทะเลน้อยมีการสะสมตัวแบบพรุน้ำจืด และพื้นที่ทางด้านตะวันออกมีการสะสมตัวแบบป่าชายเลน

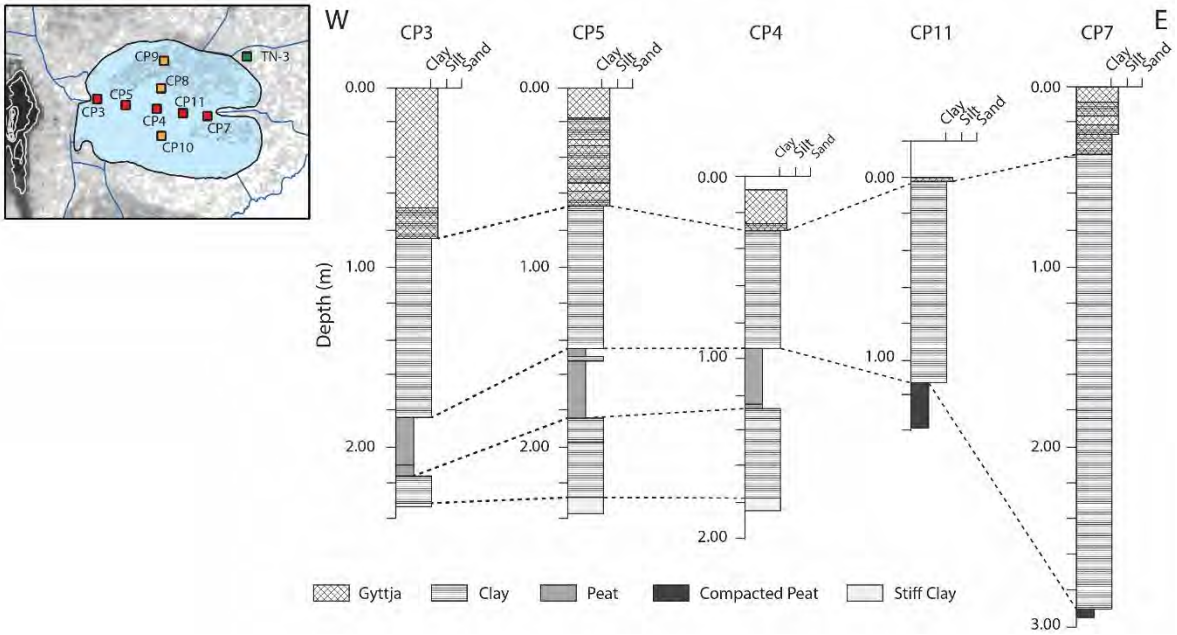
บทที่ 2 วิธีดำเนินงานวิจัย (Methodology)

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

2.1.1 การเลือกตัวอย่าง

ตัวอย่างที่เลือกใช้ในการศึกษา ได้แก่ แท่งตะกอน TLN-CP5 จากงานวิจัยของ Yoojam (2015) เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีความลึกมากที่สุด และมีหน่วยตะกอนครบทุกหน่วยที่ได้จากการลำดับชั้นตะกอน (รูปที่ 2-1)

ลำดับแรก นำแท่งตะกอนมาแบ่งตัวอย่างย่อยทุกๆ 1 เซนติเมตร แล้วเลือกตัวอย่างจากทุกความลึก 10 เซนติเมตรในหน่วยตะกอน A และทุกความลึก 20 เซนติเมตรในทุกตะกอนที่อยู่ล่างลงมา โดยเพิ่มการศึกษาที่ความลึก 184 และ 210 เซนติเมตร เนื่องจากสองบริเวณนี้เป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนหน่วยตะกอน (boundary) ตัวอย่างตะกอนที่เลือกไว้จะถูกนำมาสกัดเอาละอองเรณูออกมาดังขั้นตอนต่อไปนี้



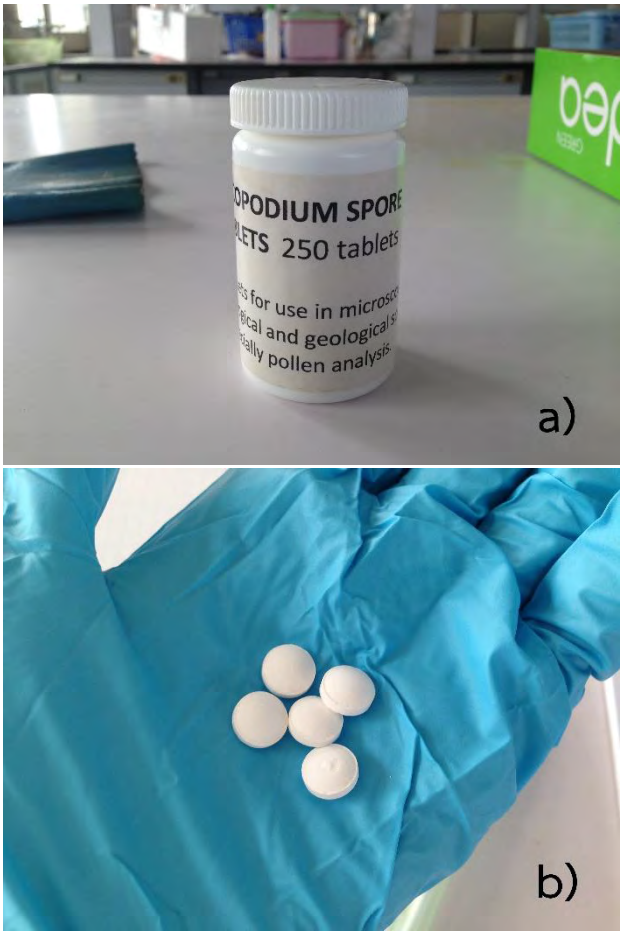
รูปที่ 2-1 แสดงหน่วยตะกอนและการเทียบสัมพันธ์ของแท่งตะกอนในแนวตะวันออก – ตะวันตก (modified from Yoojam, 2015)

2.1.2 การสกัดตัวอย่าง

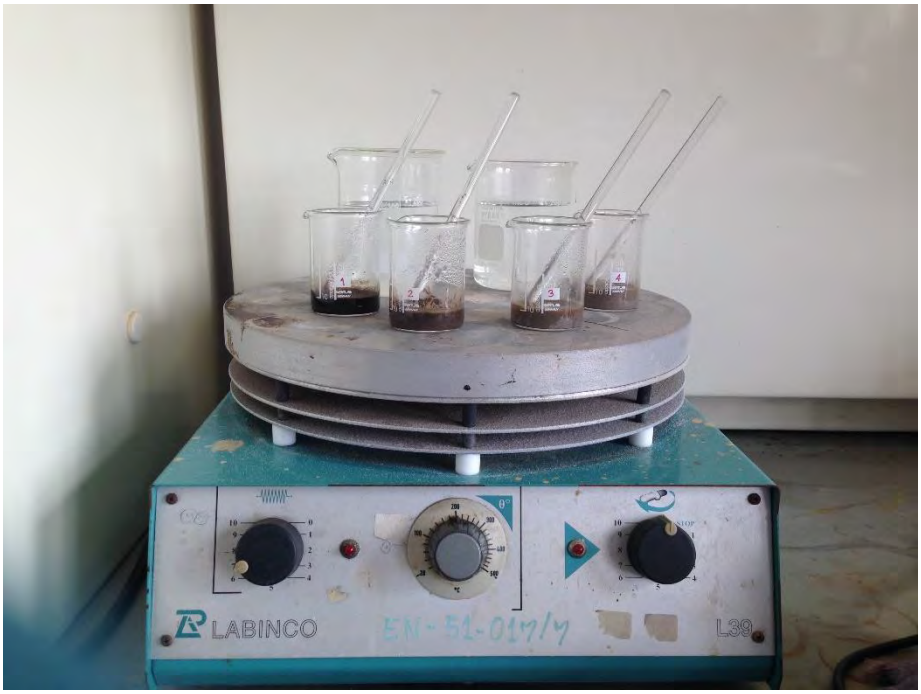
แบ่งตัวอย่างตะกอนตัวอย่างละ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในบีกเกอร์ ผสมไลโคโพเดียม (Lycopodium marker) ซึ่งเป็นสปอร์ที่ใช้ในการตรวจสอบการสกัดลงไปบีกเกอร์ละ 1 เม็ด (รูปที่ 2-2) หลังจากนั้นทำละลายด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 10 มิลลิลิตร นำไปวางบนเครื่องให้ความร้อน (hot plate) (รูปที่ 2-3) แล้วสังเกตจนตะกอนไม่จับตัวเป็นก้อน เม็ดไลโคโพเดียมละลายหมดจึงนำลงมาทิ้งไว้ให้เย็น ต่อมากรองตัวอย่างผ่านกระดาษกรอง 200 ไมครอน ลงในหลอดโพลีโพรพิลีน (polypropylene centrifuge tube) (รูปที่ 2-4) แล้วปรับ

ปริมาตรทุกหลอดให้เท่ากัน หลังจากนั้นนำไปปั่นแยก (centrifuge) 2,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที (รูปที่ 2-5) แล้วเทน้ำทิ้ง นำตัวอย่างมาล้างน้ำโดยเติมน้ำให้พอท่วมตัวอย่างแล้วนำไปปั่นบนเครื่องผสมสารละลาย (vortex mixer) (รูปที่ 2-6) ให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วปรับปริมาตร นำไปปั่นแยก

ทำตามขั้นตอนเหล่านี้ซ้ำอีก 2 ครั้ง เติมสารแกลเชียลอะซิติก (glacial acetic, CH_3COOH) (รูปที่ 2-7) ปริมาณ 3 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่าง นำไปปั่นแยกแล้วเทกรดออก หลังจากนั้นผสม กรดอะซิติกแอนไฮไดรด์ (acetic anhydride, $(CH_3CO)_2O$) กับกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เข้มข้น 96 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วน 9:1 (รูปที่ 2-8) แล้วนำไปให้ความร้อน 5 นาที หลังจากนั้นนำไปปั่นแยก แล้วล้างด้วยแกลเชียลอะติก 2 รอบ แล้วล้างด้วยน้ำอีก 2 รอบ



รูปที่ 2-2 a, b แสดงตัวอย่างไลโคโพเดียม (lycopodium marker) ก่อนทำละลายด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์



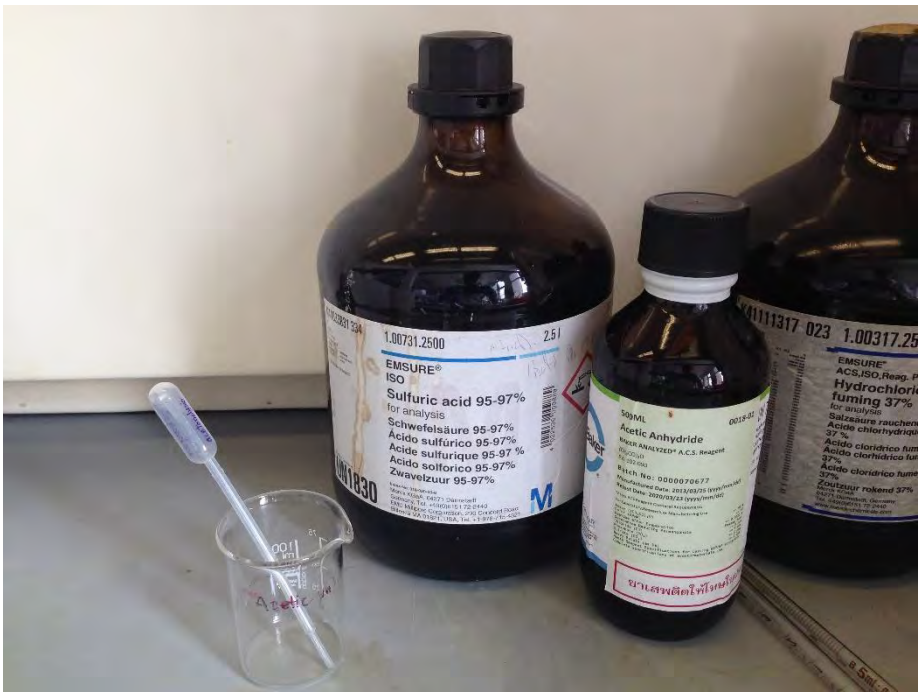
รูปที่ 2-3 ขั้นตอนการละลายตะกอนด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์บนเครื่องให้ความร้อน เพื่อให้ตะกอนไม่จับตัวกัน

รูปที่ 2-4 การกรองตะกอนลงบนกระดาษกรอง 200 ไมครอน ที่ถูกมัดอยู่บนหลอดโพลีโพรพิลีน

รูปที่ 2-5 ขั้นตอนการปั่นแยกโดยใช้เครื่องปั่นแยกที่ความถี่ 2,000 รอบต่อนาที

รูปที่ 2-6 ขั้นตอนการปั่นผสมโดยใช้เครื่องผสมสารละลาย

รูปที่ 2-7 ตัวอย่างสารละลายแกลเชียลอะซิติกที่ใช้ในการล้างตะกอน



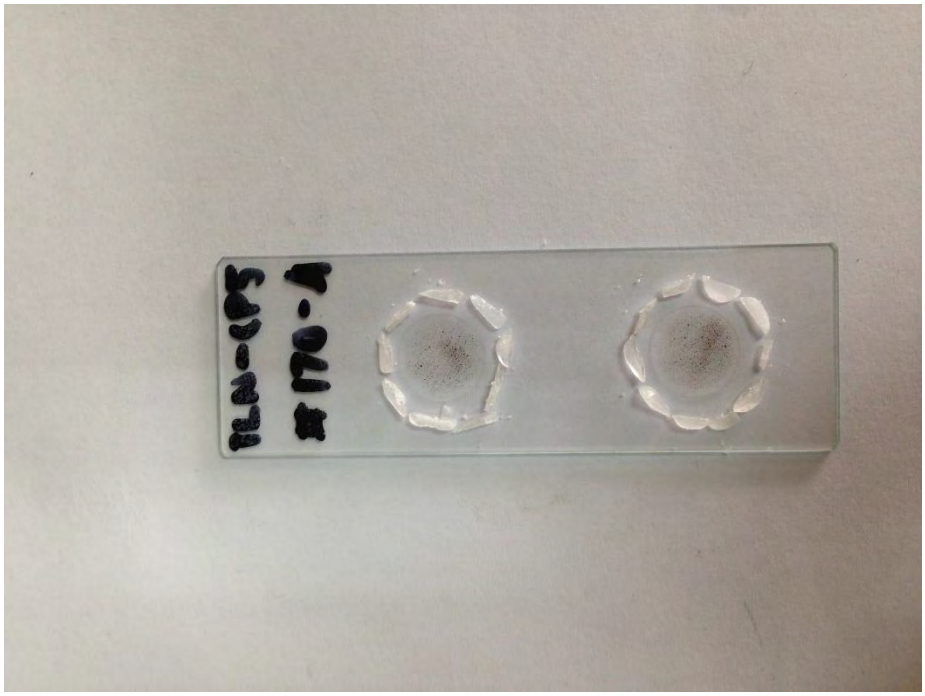
รูปที่ 2-8 ตัวอย่างกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (ซ้าย) กับอะซิติกแอนไฮไดรด์ (ขวา) โดยจะถูกนำมาผสมกันในอัตราส่วน 1:9

2.1.3 การแยกละอองเรณูออกจากตะกอน

หลังจากทำการสกัดด้วยกรดเสร็จสิ้นแล้ว นำตัวอย่างไปแช่ในเครื่องทำความสะอาดอัลตราโซนิก (ultrasonic cleaner) เพื่อทำให้ตะกอนที่เหลืออยู่กับสารอินทรีย์แยกออกจากกันได้มากขึ้น หลังจากนั้นเติมโซเดียมโพลีทังสเตดที่มีความหนาแน่น 2.0 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งเป็นความหนาแน่นเดียวกับละอองเรณู ลงไป 2 มิลลิลิตร แล้วปั่นผสม แล้วเติมน้ำลงไป ระวังอย่าให้ผสมกับของเหลวหนัก สังเกตให้ของเหลวทั้ง 2 ชนิดมีการแยกชั้น นำไปปั่นแยกด้วยอัตราเร็ว 2,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที จะได้ตัวอย่างที่มีการแยกชั้นของตะกอน ของเหลวหนัก และน้ำจากด้านล่างขึ้นไปด้านบนตามลำดับ โดยละอองเรณูจะลอยตัวอยู่ในชั้นของเหลวหนัก ต่อมานำหลอดหยด (dropper) ดูดของเหลวในชั้นของเหลวหนักขึ้นมาแล้วแยกไปใส่ในอีกหลอดทดลอง (test tube) หนึ่ง แล้วดูดชั้นน้ำแยกตามมาใส่ในหลอดเดียวกัน เสร็จแล้วนำไปล้างด้วยแอลกอฮอล์เข้มข้น 96 เปอร์เซ็นต์ นำไปปั่นแยก แล้วนำไปล้างด้วยแอลกอฮอล์เข้มข้น (concentrate alcohol) อีกหนึ่งรอบ ดูดตัวอย่างที่ล้างเสร็จแล้วไปใส่ในหลอดเก็บตัวอย่างแล้วเติมน้ำมันซิลิโคน (silicone oil) 2-3 หยดหรือให้ท่วมตัวอย่าง แล้วนำไปอบค้างคืนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

2.1.4 การเตรียมสไลด์ตัวอย่าง

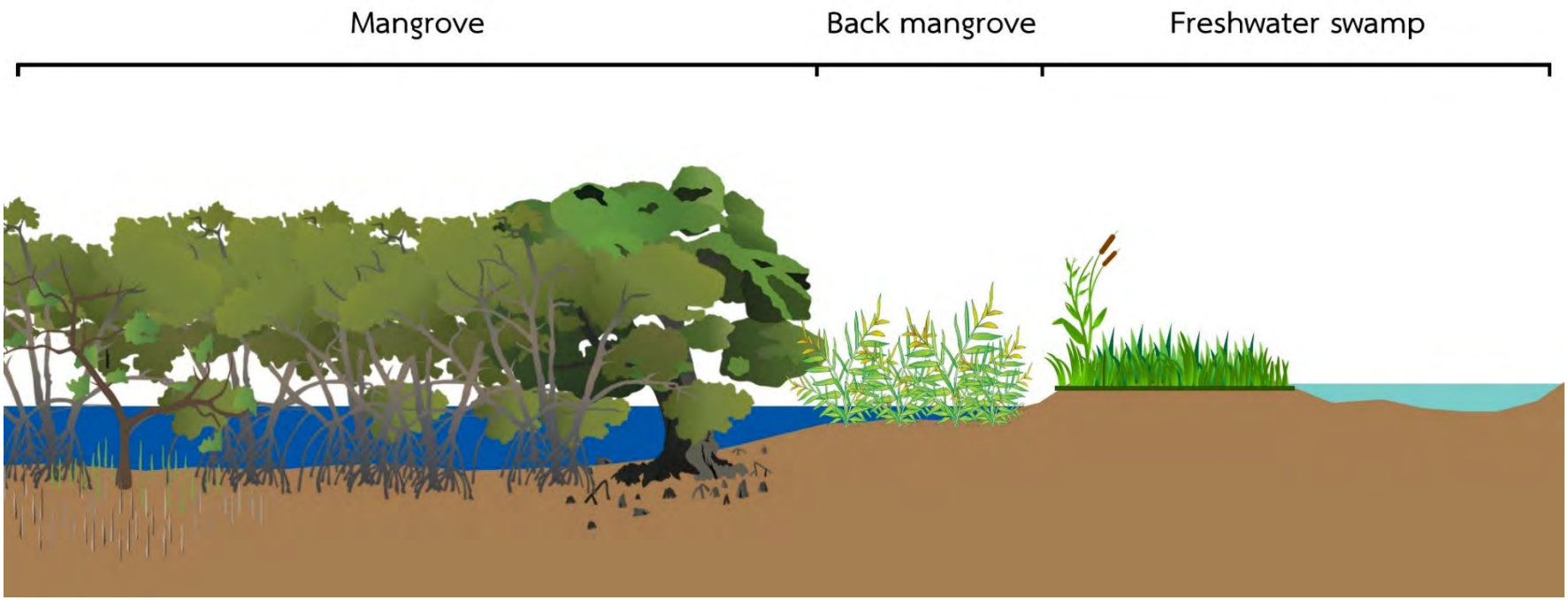
เตรียมพาราฟินโดยการตัดแบ่งเป็นชิ้นเล็ก ให้มีขนาดเท่าๆกัน เขียนระบุชื่อและหมายเลขตัวอย่างลงบนกระจกสไลด์ หลังจากนั้นนำตัวอย่างหมายเลขเดียวกันมาหยดลงบนกระจกสไลด์ที่เตรียมไว้ วางชิ้นพาราฟินไว้รอบตัวอย่างเป็นวงกลมแล้วปิดกระจกปิดสไลด์ (cover glass) ลงไป นำไปให้ความร้อนบนเครื่องให้ความร้อน รอจนพาราฟินรอบตัวอย่างละลายหมดแล้วนำออกมา รอให้พาราฟินเย็นตัวลง



รูปที่ 2-9 การวางพาราฟินรอบหยดตัวอย่างเพื่อทำละลายเป็นตัวประสานระหว่างกระจกสไลด์และกระจกปิดสไลด์

2.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

นำตัวอย่างละอองเรณูมาส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (light microscope) ระบุชนิดโดยใช้สัณฐาน (morphology) ได้แก่ ช่องเปิด (aperture) ลวดลาย (sculpture) หรือขนาด (size) เป็นหลัก (รายละเอียดในภาคผนวก ก) นับจำนวนละอองเรณูแต่ละชั้นความลึกให้ได้ 150 เมล็ด ในกรณีที่ไม่พบละอองเรณูของพืชชนิดใหม่ คำนวณความหนาแน่นของละอองเรณูที่พบให้อยู่ในหน่วยร้อยละ ต่อมาทำการจำแนกละอองเรณูที่ระบุชนิดแล้วออกตามสภาพแวดล้อม โดยอ้างอิงจากงานวิจัยของ Kamaludin (1989)



รูปที่ 2-10 แสดงการแบ่งสภาพแวดล้อมการเจริญเติบโตของพืชอ้างอิงจากงานวิจัยของ Kamaludin (1989)

บทที่ 3 ผลการศึกษา (Results)

ละอองเรณูที่พบทั้งหมดสามารถจำแนกออกเป็น 4 วงศ์ (family) และอีก 11 สกุล (genus) ตามการจำแนกในภาคผนวก แล้วจัดกลุ่มตามสภาพแวดล้อมการเจริญเติบโตได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ป่าชายเลน (mangrove), หลังป่าชายเลน (back mangrove) และพรุน้ำจืด (freshwater swamp) ตามการจำแนกของ Kamaludin (1989) (รูป 3-1)

ในช่วงความลึกระหว่าง 210 - 230 เซนติเมตร ไม่พบการสะสมตัวของละอองเรณู

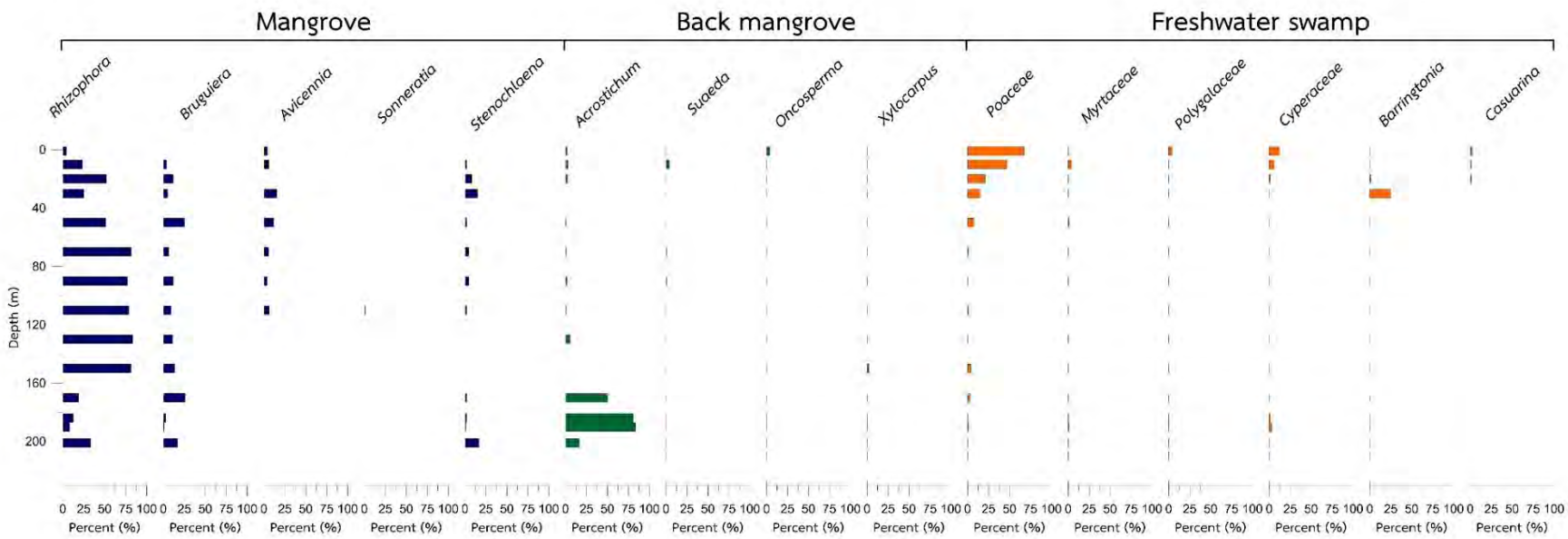
เริ่มพบละอองเรณูในชั้นความลึกที่ 201 เซนติเมตร ละอองเรณูมีความหนาแน่นน้อย ชนิดของละอองเรณูที่พบมากที่สุดได้แก่ สกุล *Rhizophora* (รูป 3-2) ซึ่งเป็นพืชป่าชายเลนประมาณร้อยละ 50 และพบพืชป่าชายเลนในสกุลอื่นๆ ได้แก่ *Bruguiera* (รูป 3-3) และ *Stenochlaena* (รูป 3-4) รวมกันประมาณร้อยละ 40 พบ *Acrostichum* (รูป 3-5) และ *Xylocarpus* (รูป 3-6) ซึ่งเป็นพืชในสภาพแวดล้อมหลังป่าชายเลนประมาณร้อยละ 20

ความลึกที่ 170 – 190 เซนติเมตร พบการเพิ่มขึ้นของละอองเรณูในสกุล *Acrostichum* ซึ่งเป็นพืชในสภาพแวดล้อมแบบหลังป่าชายเลน ประมาณร้อยละ 50 – 80 ละอองเรณูที่พบในปริมาณรองลงมา ได้แก่ สกุล *Rhizophora, Bruguiera, Stenochlaena* ซึ่งเป็นพืชป่าชายเลน คำนวณร่วมกันได้ความหนาแน่นประมาณร้อยละ 25 และพบละอองเรณูของพืชพรุน้ำจืดน้อยกว่าร้อยละ 10

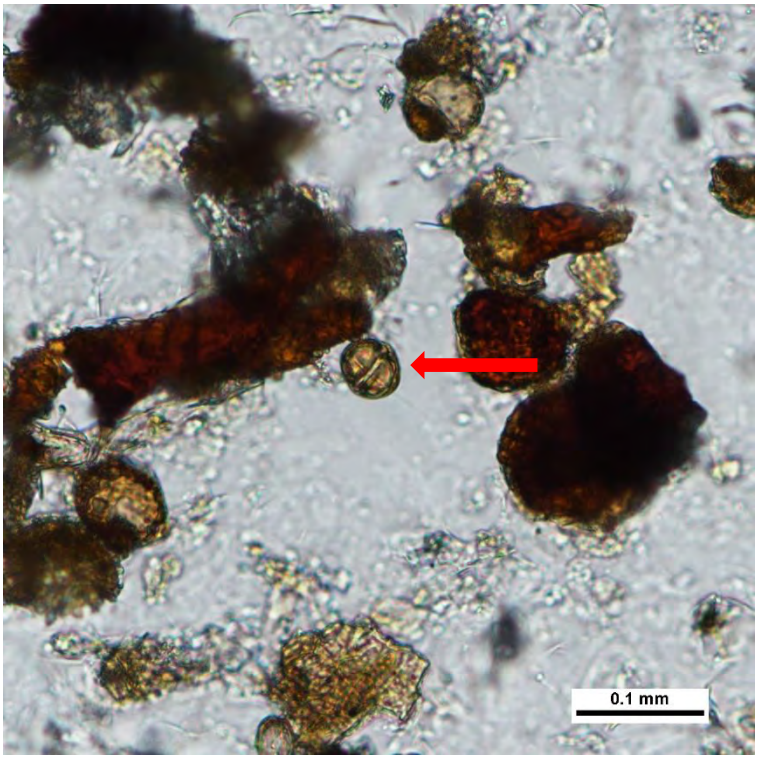
ในชั้นความลึกที่ 50 – 150 เซนติเมตร พบการกระจายตัวของ *Rhizophora* ในปริมาณมากอีกครั้งหนึ่ง โดยมีปริมาณร้อยละ 50 – 80 ของปริมาณละอองเรณูทั้งหมดในชั้นเดียวกัน และพบพืชป่าชายเลนอื่นๆ ได้แก่ *Bruguiera, Avicennia* (รูป 3-7)*, Sonneratia* และ *Stenochalna* ในปริมาณรองลงมา ประมาณร้อยละ 30 นอกจากนั้น พบการกระจายตัวของละอองเรณูพืชในสภาพแวดล้อมแบบพรุน้ำจืด เช่น วงศ์ Poaceae (รูป 3-8) และ Myrtaceae (รูป 3-9) ในปริมาณเล็กน้อย

ละอองเรณูของพืชในสภาพแวดล้อมแบบพรุน้ำจืดมีการกระจายตัวมากขึ้น ตั้งแต่ชั้นความลึกที่ 1 – 30 เซนติเมตร โดยพืชที่การกระจายตัวมากที่สุด ได้แก่ พืชในวงศ์ Poaceae ร้อยละ 20 -70 และมีปริมาณของพืชพรุน้ำจืดอื่นๆ ได้แก่ วงศ์ Myrtaeceae, Cyperaceae (รูป 3-10), Polygalaceae (รูป 3-11), สกุล *Barringtonia* (รูป 3-12) และ *Casuarina* ในปริมาณรองลงมา ความหนาแน่นของละอองเรณูพืชพรุน้ำจืดจะมีปริมาณผกผันกับละอองเรณูพืชป่าชายเลน และพบละอองเรณูพืชหลังป่าชายเลน เช่น สกุล *Suaeda* (รูปที่ 3-13) ปริมาณเล็กน้อย

ในทุกชั้นความลึกจะพบสปอร์ของไลโคโพเดียม (รูป 3-14) บ่งบอกถึงการสกัดละอองเรณูออกจากชั้นตะกอนด้วยวิธีที่ถูกต้อง



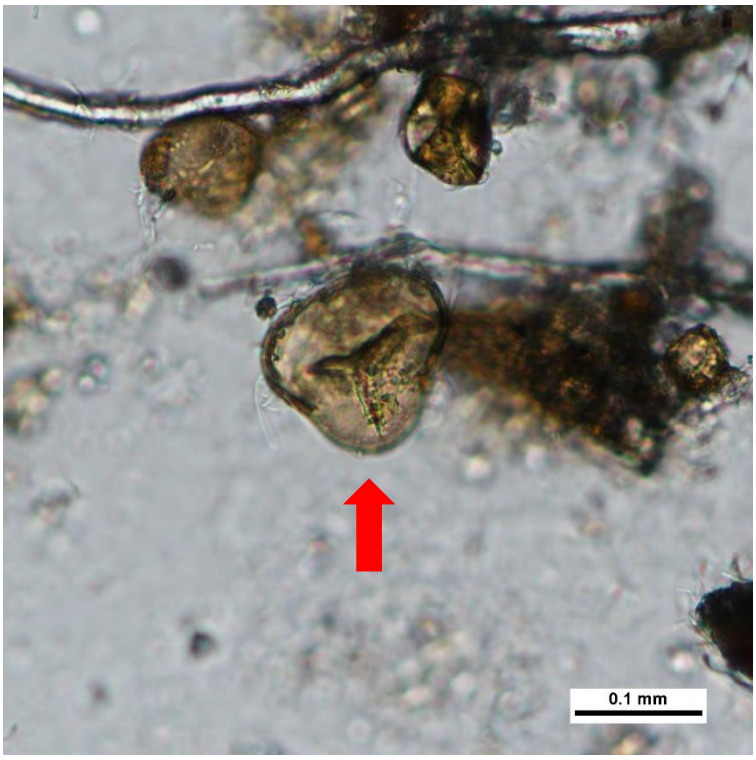
รูป 3-1 แสดงจำนวนของละอองเรณูแต่ละชนิดที่พบในหน่วยร้อยละ พร้อมทำการจำแนกตามสภาพแวดล้อม



รูปที่ 3-2 ละอองเรณูของพืชสกุล *Rhizophora* (ลูกศรสีแดง)

รูปที่ 3-3 ละอองเรณูของพืชสกุล *Bruguiera* (ลูกศรสีแดง)

รูปที่ 3-4 ละอองเรณูของพืชสกุล *Stenochlaena*

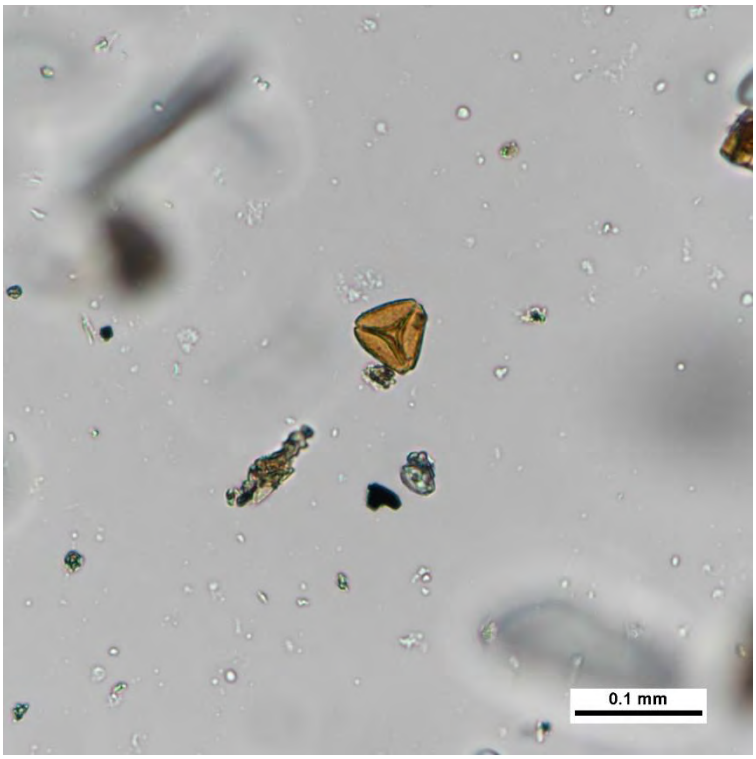


รูปที่ 3-5 ละอองเรณูของพืชสกุล *Acrostichum* (ลูกศรสีแดง)

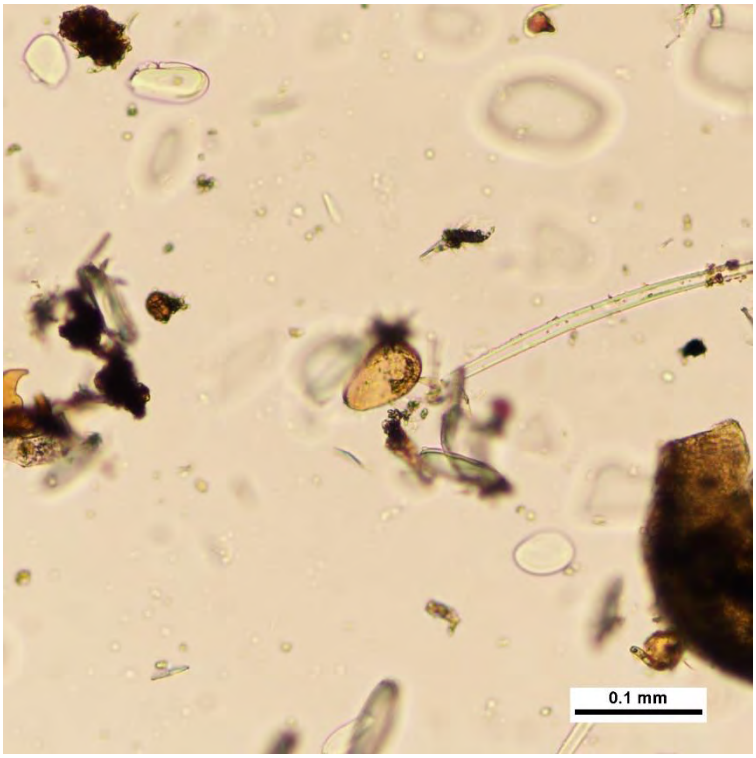
รูปที่ 3-6 ละอองเรณูของพืชสกุล *Xylocarpus*

รูปที่ 3-7 ละอองเรณูของพืชสกุล *Avicennia*

รูปที่ 3-8 ละอองเรณูของพืชในวงศ์ Poaceae



รูปที่ 3-9 ละอองเรณูของพืชในวงศ์ Myrtaceae



รูปที่ 3-10 ละอองเรณูของพืชในวงศ์ Cyperaceae

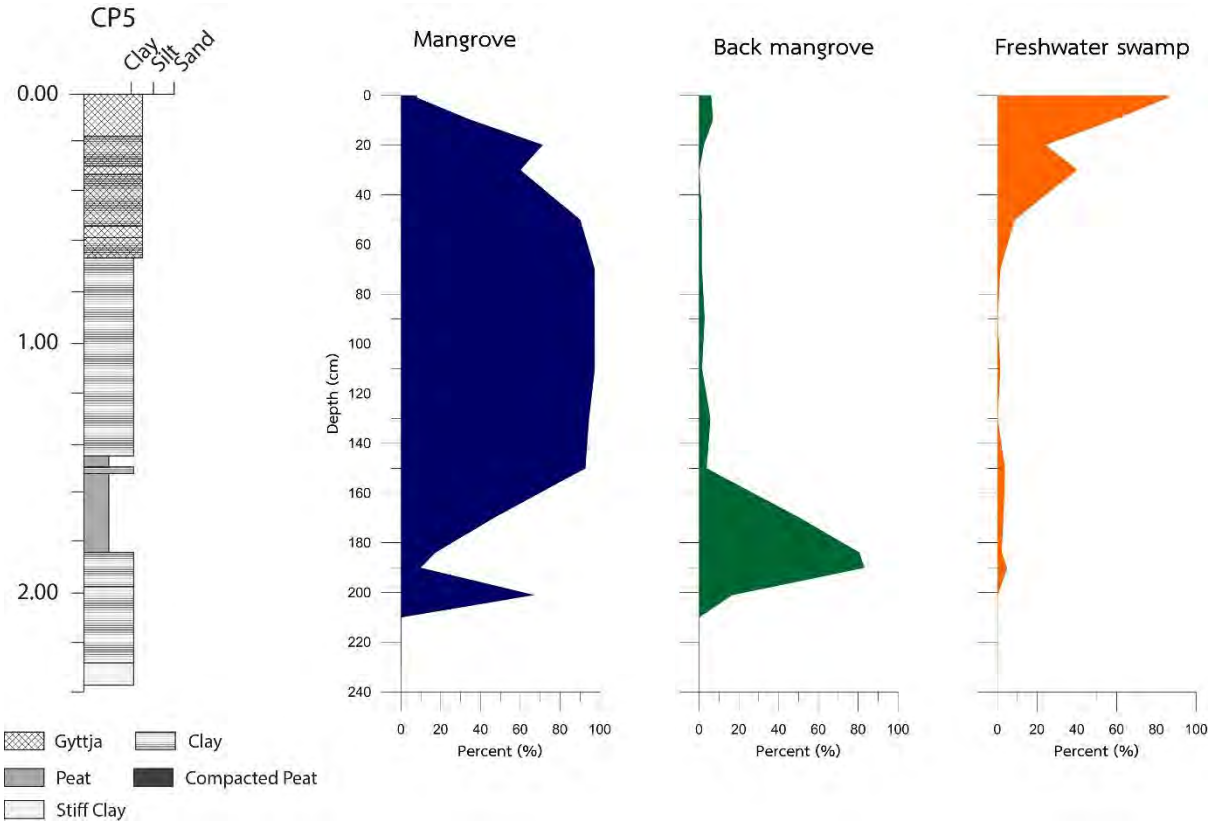
รูปที่ 3-11 ละอองเรณูของพืชในวงศ์ Polygalaceae

รูปที่ 3-12 ละอองเรณูของพืชสกุล *Barringtonia*

รูปที่ 3-13 ละอองเรณูของพืชสกุล *Suaeda*

รูปที่ 3-14 สปอร์ของ *Lycopodium*

บทที่ 4 อภิปรายผล (Discussions)



รูปที่ 4-1 แผนภูมิแสดงจำนวนละอองเรณูในแต่ละชั้นความลึกโดยจำแนกตามสภาพแวดล้อมการสะสมตัว

จากการระบุชนิดของละอองเรณู สามารถจัดกลุ่มของละอองเรณูตามระบบนิเวศ (ecology) ได้ 3 บริเวณ (zone) โดยอ้างอิงจากงานวิจัยของ Hassan (1989) ได้แก่ ระบบนิเวศป่าชายเลน (mangrove) ระบบนิเวศหลังป่าชายเลน (back mangrove) และ สภาพแวดล้อมแบบพรุน้ำจืด (freshwater swamp) เมื่อพิจารณาร่วมกับการหาอายุด้วยวิธีการหาอายุด้วยวิธีการ radiocarbon dating โดย กาญจน์ เผื่อนทอง (in press) แล้วนำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม ได้ผลดังนี้

ในช่วงอายุก่อน 8,170 ปีก่อน หลักฐานตะกอนมีลักษณะเป็นตะกอนโคลนที่มีความเหนียวมาก (stiff clay) ประกอบกับการไม่พบการสะสมตัวของละอองเรณู บ่งบอกว่าบริเวณนี้มีความสูงของระดับน้ำทะเลที่ทำให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้ จัดเป็นสภาพแวดล้อมแบบทะเล (marine environment)

หลังจากนั้น เกิดการลดลงของระดับน้ำทะเล ทำให้เริ่มเกิดการสะสมตัวของละอองเรณูในสภาพแวดล้อมแบบป่าชายเลนเป็นหลัก ทำให้เกิดสภาพแวดล้อมแบบป่าชายเลน (mangrove) รวมถึงลักษณะของตะกอนโคลนที่มีซากอินทรีย์ปะปนมากขึ้น ที่อายุประมาณ 8,170 ปีก่อน

ต่อมาระดับน้ำทะเลลดลงอีกจนเกิดการสะสมตัวของตะกอนพีต (peat) มีการสะสมตัวของละอองเรณูในสภาพแวดล้อมหลังป่าชายเลนเป็นจำนวนมาก บ่งบอกได้ว่าสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงจากป่าชายเลนกลายเป็นสภาพแวดล้อมหลังป่าชายเลน (back mangrove) ซึ่งเป็นช่วงที่เป็นรอยต่อ (transition zone) ระหว่างป่าชายเลนและบก (terrestrial) ที่อายุ 8,125 ปีก่อน

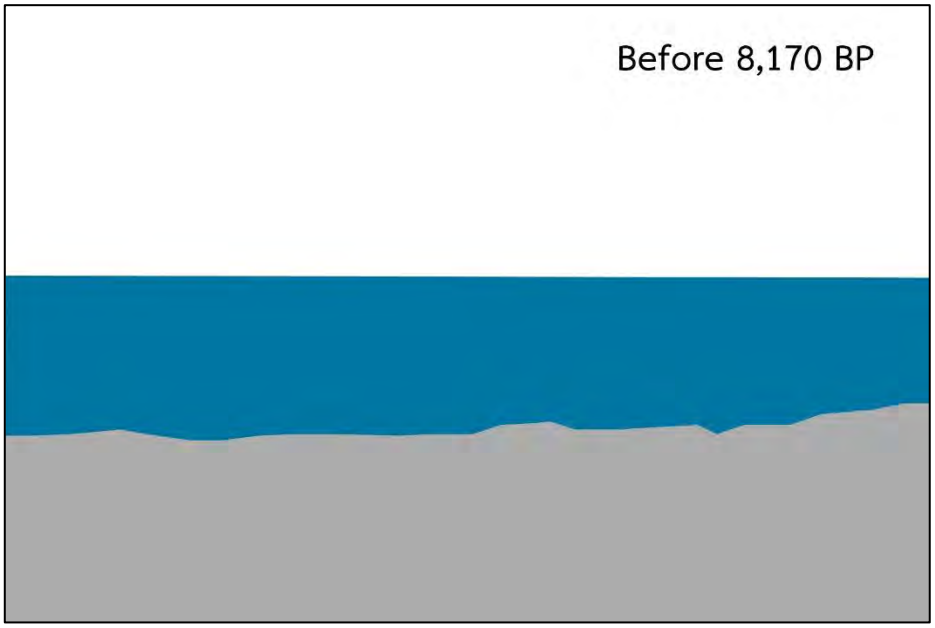
ในช่วงอายุประมาณ 8,000 ปีก่อน มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมจากหลังป่าชายเลนไปเป็นสภาพแวดล้อมแบบป่าชายเลนอีกครั้งหนึ่ง สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงลักษณะของตะกอนพีตไปเป็นตะกอนโคลนที่มีซากอินทรีย์ปะปน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล

สภาพแวดล้อมแบบป่าชายเลนจะเริ่มหายไป เกิดสภาพแวดล้อมแบบพรุน้ำจืดเข้ามาแทนที่ เนื่องจากการลดลงของระดับน้ำทะเล ประกอบกับการมีปริมาณน้ำจืดที่ไหลเข้ามาในบริเวณนี้มากขึ้น เกิดการพัฒนาตัวจนมีลักษณะเป็นทะเลสาบน้ำจืดในปัจจุบัน

ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Horton (2005) ทั้งด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมและอายุ โดยเริ่มเกิดสภาพแวดล้อมป่าชายเลนเมื่อประมาณ 8,400 ปีก่อน แล้วถูกแทนที่ด้วยสภาพแวดล้อมแบบพรุน้ำจืดเมื่อประมาณ 2,000 ปีก่อน เนื่องจากการลดลงของระดับน้ำทะเล นอกจากนั้นยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yoojam (2016) ในด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมและระดับน้ำทะเล โดยการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ได้แก่ การลดลงของระดับน้ำทะเลหลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แล้วลดลงอีกครั้งประกอบกับมีปริมาณน้ำจืดไหลเข้ามามากขึ้น ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการสะสมตัวของตะกอน ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศของพืช

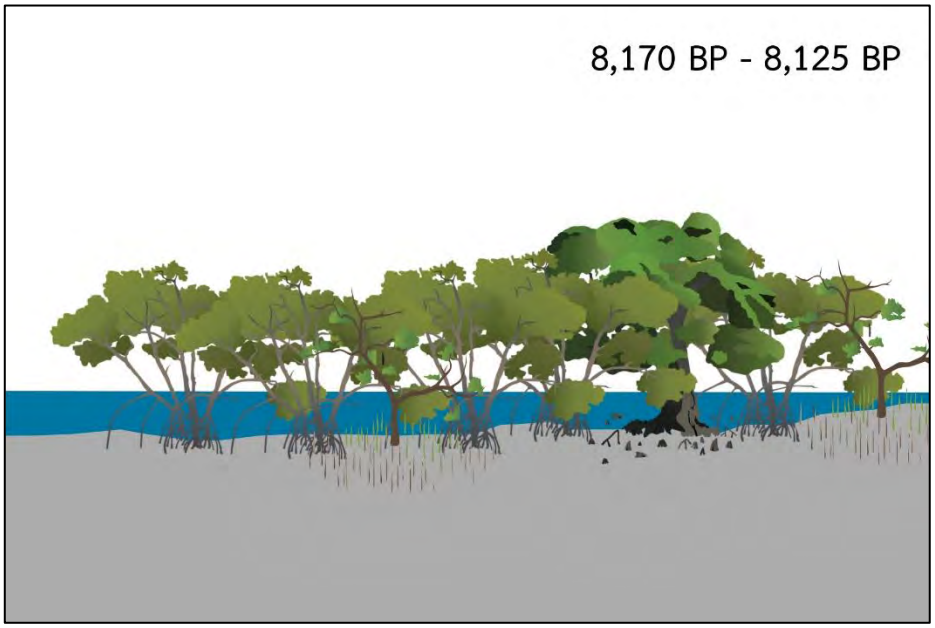
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา (Conclusions)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมบริเวณทะเลน้อยโดยใช้ตัวบ่งชี้เรณูวิทยา พบว่า ช่วงอายุก่อน 8,170 ปีก่อน บริเวณทะเลน้อยมีสภาพแวดล้อมเป็นทะเล (รูปที่ 5-1)



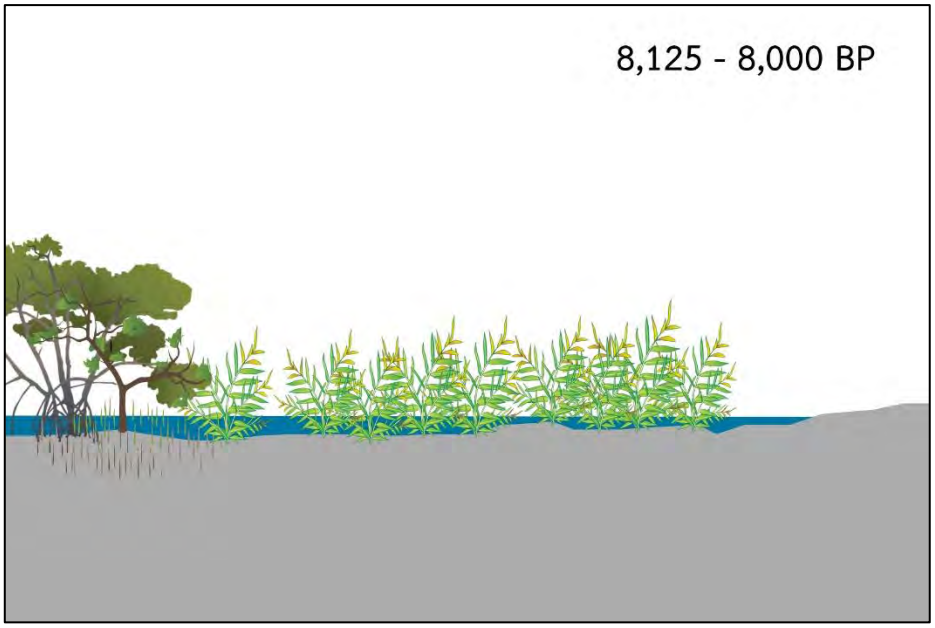
รูปที่ 5-1 แสดงสภาพแวดล้อมการสะสมตัวแบบทะเล อายุก่อน 8,170 ปีก่อน

หลังจากนั้นจะเริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมไปเป็นป่าชายเลนที่อายุประมาณ 8,170 – 8,125 ปีก่อน เนื่องจากการลดลงของระดับน้ำทะเล (รูป 5-2)



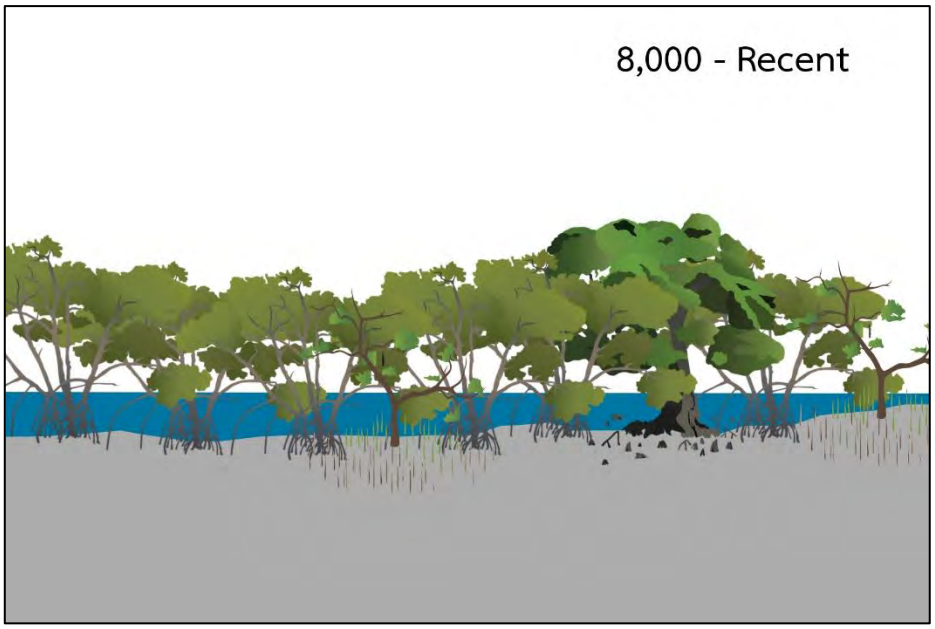
รูปที่ 5-2 แสดงสภาพแวดล้อมป่าชายเลน ช่วงอายุ 8,170 – 8,125 ปีก่อน

ต่อมาสภาพแวดล้อมในบริเวณนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสภาพแวดล้อมหลังป่าชายที่อายุ 8,125 – 8,000 ปีก่อน เนื่องจากการลดลงของระดับน้ำทะเลอย่างต่อเนื่อง (รูปที่ 5-3)



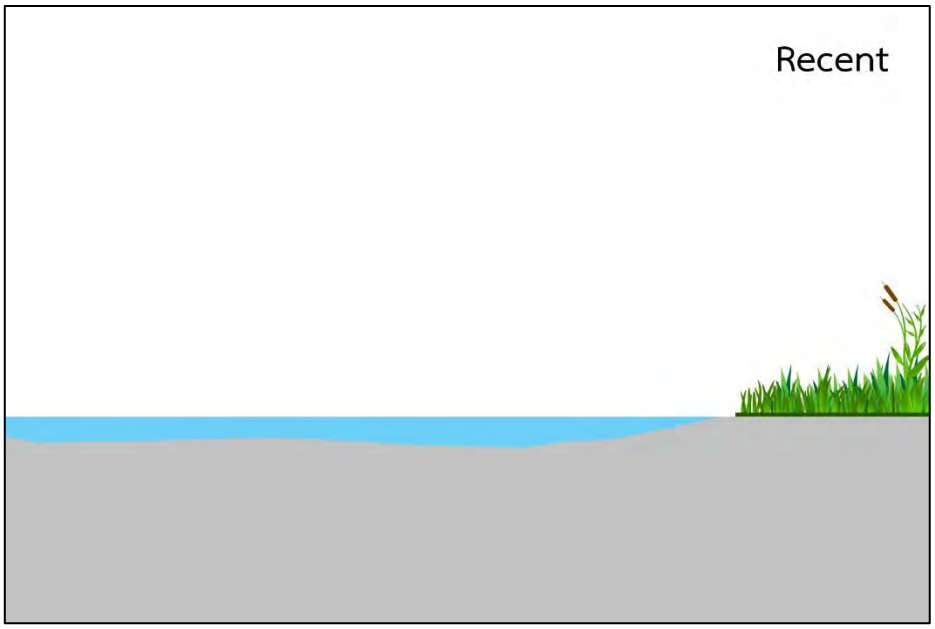
รูปที่ 5-3 แสดงสถาพแวดล้อมแบบหลังป่าชายเลน ช่วงอายุ 8,125 – 8,000 ปีก่อน

หลังจากนั้นสภาพแวดล้อมในบริเวณนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงกลับมาเป็นป่าชายเลนอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยของระกับน้ำทะเลที่อายุประมาณ 8,000 – ปัจจุบัน (รูป 5-4)



รูปที่ 5-4 แสดงสภาพแวดล้อมป่าชายเลน ช่วงอายุ 8,000 – ปัจจุบัน

สุดท้ายสภาพแวดล้อมป่าชายเลนในบริเวณนี้จะถูกแทนที่ด้วยสภาพแวดล้อมแบบพรุน้ำจืดแล้วพัฒนาตัวมาเป็นทะเลน้อยในปัจจุบัน (รูป 5-5)



รูปที่ 5-5 แสดงสภาพแวดล้อมแบบพรุน้ำจืดในปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

นิรันดร์ ชัยมณี, เสริมศักดิ์ ติยพันธ์ และนราเมศวร์ ธีระรังสิกุล, (2529). *ธรณีวิทยาระวางอำเภอชะอวดและระวางอำเภอระโนด.* รายงานการสำรวจธรณีวิทยา. กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี. 45 หน้า.

มนัส วัฒนาศักดิ์. *การวิเคราะห์ระบบนิเวศในอดีตโดยวิธีการทางเรณูวิทยา.* คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

Chumchim, N., (2010). *Palynology of mangrove flora in Thailand* (master's thesis). Chulalongkorn university, Bangkok.

Horton, B. P., Gibbard, P. L., Milne, G. M., Morley, R. J., Purintavaragul, C., and Stargardt, J. M., (2005). Holocene sea level and paleoenvironments, Malay-Thai Peninsular, southeast Asia. *The Holocene*. 15, 8: 1199-1213.

Kamaludin, H. (1989). Significant of palynology in Late Quaternary sediments in Peninsular Malaysia. *Geological Society Malaysian Bulletin* 24, 57-66.

Moore, P.D., (2006). *Wetlands.* New York: Chelsea House.

Punwong, P., (2007). *Pollen deposit in Bangkok clay from Ong Kharak district, Nakhon Nayok province, and their implication on paleophytogeography* (master's thesis). Chulalongkorn university, Bangkok

Somboon, J. R. P., (1988). Palynological study of mangrove and marine sediments of the Gulf of Thailand. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, Vol 4, 85-97.

Yoojam, N. (2015). *Paleoenvironmental reconstruction based on lake sediments from Thale Noi, Changwat Phatthalung* (senior project). Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การจำแนกชนิดละอองเรณู

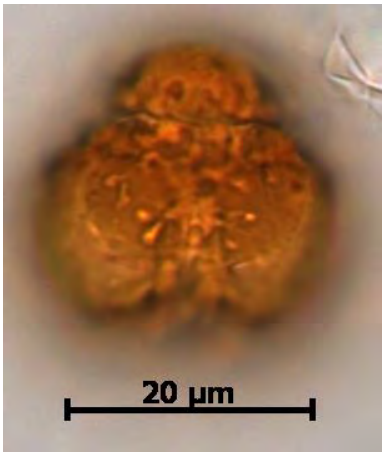
1. Acrostichum

รูปที่ 6-1 ละอองเรณูของพืชสกุล *Acrostichum* (Punwong, 2007)

2. Avicennia

รูปที่ 6-2 ละอองเรณูของพืชสกุล *Avicennia* (Punwong, 2007)

3. Barringtonia

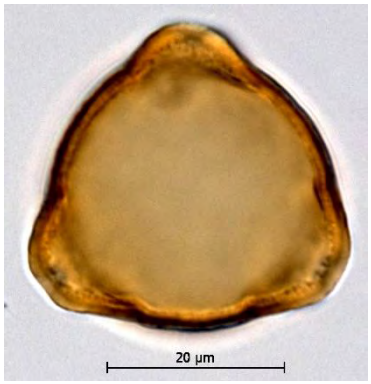


รูปที่ 6-3 ละอองเรณูของพืชสกุล *Barringtonia* (http://apsa.anu.edu.au)

4. *Bruguiera*

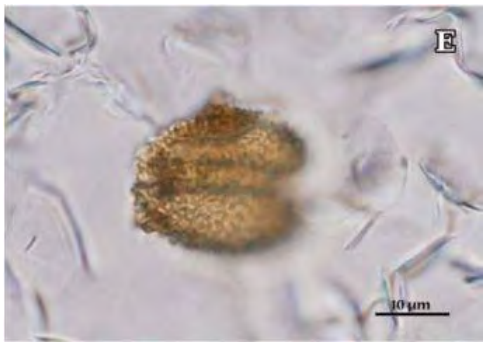
รูปที่ 6-4 ละอองเรณูของพืชสกุล *Bruguiera* (Punwong, 2007)

5. *Casuarina*



รูปที่ 6-5 ละอองเรณูของพืชสกุล *Casuarina* (http://apsa.anu.edu.au)

6. *Oncosperma*



รูปที่ 6-6 ละอองเรณูของพืชสกุล *Oncosperma* (Punwong, 2007)

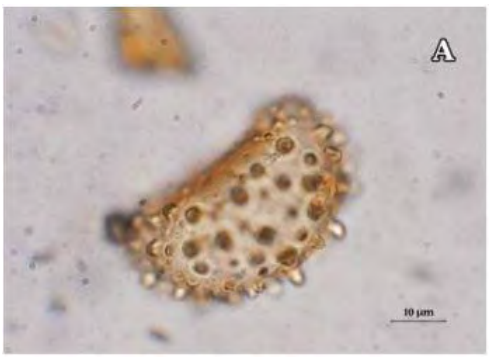
7. *Rhizophora*

รูปที่ 6-7 ละอองเรณูของพืชสกุล *Rhizophora* (Punwong, 2007)

8. *Sonneratia*

รูปที่ 6-8 ละอองเรณูของพืชสกุล *Sonneratia* (Punwong, 2007)

9. *Stenochlaena*



รูปที่ 6-9 ละอองเรณูของพืชสกุล *Stenochlaena* (Punwong, 2007)

10. *Suaeda*

รูปที่ 6-14 ละอองเรณูของพืชสกุล *Suaeda* (Punwong, 2007)

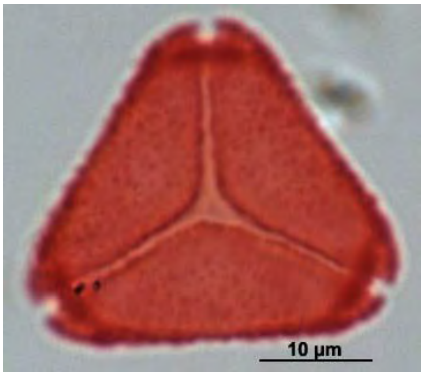
11. *Xylocarpus*

รูปที่ 6-11 ละอองเรณูของพืชสกุล *Xylocarpus* (Punwong, 2007)

12. วงศ์ Cyperaceae

รูปที่ 6-12 ละอองเรณูของพืชวงศ์ Cyperaceae (Punwong, 2007)

13. วงศ์ Myrtaceae



รูปที่ 6-13 ละอองเรณูของพืชวงศ์ Myrtaceae (http://apsa.anu.edu.au)

14. วงศ์ Poaceae

รูปที่ 6-14 ละอองเรณูของพืชวงศ์ Poaceae (Punwong, 2007)

15. วงศ์ Polygalaceae

รูปที่ 6-15 ละอองเรณูของพืชวงศ์ Polygalaceae (http://apsa.anu.edu.au)