



# โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

การจำลองสภาพแวดล้อมโดยอ้างอิงจากตัวบ่งชี้เรณูวิทยา  
บริเวณหนองคอนไทย อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดชัยภูมิ

โดย

นายเพชร ขาวล้วน

เลขประจำตัวนิต 5932718523

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี  
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2562

การจำลองสภาพแวดล้อมโดยอ้างอิงจากตัวบ่งชี้เรณูวิทยาบริเวณหนองคอนไทย  
อำเภอภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ

นายเพชร ขาวล้วน

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต  
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2562

ENVIRONMENTAL RECONSTRUCTION BASED ON PALYNOLOGY IN KHON THAI  
LAKE AREA, PHU KHIAO DISTRICT, CHAIYAPHUM PROVINCE

MISTER PATCHARA KHAOLUAN

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 2019

หัวข้อโครงการ

การจำลองสภาพแวดล้อมโดยอ้างอิงจากตัวบ่งชี้เรณูวิทยาบริเวณหนองคอน  
ไทย อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดชัยภูมิ

โดย

นายเพชร ขาวล้วน

สาขาวิชา

ธรณีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัคนีจุฑา จิรปัญญากุล

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรมिता พันธวงค์

วันที่ส่ง.....

วันที่อนุมัติ.....

.....  
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัคนีจุฑา จิรปัญญากุล)

.....  
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรมिता พันธวงค์)

เพชร ขาวล้วน : การจำลองสภาพแวดล้อมโดยอ้างอิงจากตัวบ่งชี้เรณูวิทยาบริเวณหนองคอนไทย  
อำเภอภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ. (ENVIRONMENTAL RECONSTRUCTION BASED ON PALYNOLOGY IN  
KHON THAI LAKE AREA, PHU KHIAO DISTRICT, CHAIYAPHUM PROVINCE) อาจารย์ที่ปรึกษา  
โครงการหลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัคนีวุธ จิรภิญญากุล, อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม : ผู้ช่วย  
ศาสตราจารย์ ดร.ปรมिता พันธวงศ์, 30 หน้า.

เรณูวิทยาของพืชแต่ละชนิดจะมีสัณฐานเฉพาะ สามารถต้านทานการกัดกร่อนและสามารถบอกสังคมของ  
พืชบริเวณที่โดยรอบได้ จึงเป็นตัวบ่งชี้ที่นิยมนำมาใช้ในการประเมินการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมร่วมกับ  
ธรณีเคมี และตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ จากการวิเคราะห์ละอองเรณูรวม 8 ตัวอย่าง และมวลที่หายไปจากการเผาไหม้รวม  
100 ตัวอย่าง พบว่า ละอองเรณูไม่มีการเปลี่ยนแปลงชนิดของพันธุ์พืชและปริมาณอย่างมีนัยสำคัญ แต่มวลที่  
หายไปจากการเผาไหม้ 550 องศาเซลเซียสมีการเปลี่ยนแปลง พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงเป็นปริมาณ  
อินทรีย์วัตถุเป็นวัฏจักร โดยช่วงความลึกที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง สัมพันธ์ร่วมกับตะกอนดินเหนียวสีเข้ม ที่พบ  
ซากพืช ซากอินทรีย์ในเนื้อตะกอน บ่งชี้ว่าตะกอนนี้ได้รับอิทธิพลจากน้ำท่าปริมาณมากที่พัดพาอินทรีย์วัตถุมา  
สะสมตัวในทะเลสาบมาก และช่วงความลึกที่มีพบปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อย โดยไม่พบซากพืช ซากอินทรีย์สะสมใน  
เนื้อตะกอน บ่งชี้ว่าตะกอนนี้ได้รับอิทธิพลจากน้ำท่าปริมาณน้อย ดังนั้นละอองเรณู อินทรีย์วัตถุ และตะกอนหนอง  
คอนไทย มีต้นกำเนิดจากน้ำท่าไหลผ่านผิวดินพาอินทรีย์วัตถุและตะกอนเข้าสู่ทะเลสาบ

ภาควิชา	ธรณีวิทยา	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา	ธรณีวิทยา	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก.....
ปีการศึกษา	2562	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม.....

# # 5932718523 : MAJOR GEOLOGY

KEYWORDS : ENVIRONMENT RECONSTRUCT / LAKE SEDIMENT / PALYNOLOGY / LOSS ON IGNITION

PATCHARA KHAOLUAN : ENVIRONMENTAL RECONSTRUCTION BASED ON PALYNOLOGY IN KHON THAI LAKE AREA, PHU KHIAO DISTRICT, CHAIYAPHUM PROVINCE. ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR DR.AKKANEEWUT JIRAPINYAKUN, Ph.D., CO-ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR DR.PARAMITA PUNWONG, Ph.D., 30 pp.

Palyнологy features a specific morphology which will resist corrosion and indicate the plant society surrounding area, consequently, it's a popular indicator used to assess the environment change alongside geochemistry and biomarkers. Pollen analysis used 8 sediment samples and loss on ignition used 100 sediment samples for analyzing. The results showed pollens don't change species and quantity significantly but the amount of loss on ignition at 550 Celsius has changed which showed there have changed the quantity of organic carbon could be a cycle. The depth range which has high organic matter, deposit with the dark-colored clay sediment, and located organic remains indicate the sediment is influenced by a large volume of runoff. Moreover, the depth range is lacking off plant remains or has low organic matter content indicates that sediment has been influenced by a few volumes of runoff. Therefore, the origination of Pollen, organic material and sediment from the runoff flowing through the surface of the soil, bring organic matter, and sediment into the lake.

Department :	Geology	Student's Signature.....
Field of Study :	Geology	Advisor's Signature.....
Academic Year :	2019	Co-advisor's signature.....

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัคนีวุฒ จิรภิญญากุล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ซึ่งให้ความรู้ ชี้แนะแนวทางในการทำงานตลอดระยะเวลาในการทำงานวิจัย รวมถึงการตรวจสอบความถูกต้องของโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรมिता พันธวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม สำหรับการให้ความรู้ทางด้านเรณูวิทยา ช่วยเหลือทางด้านสถานที่และการสกัดตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ และอาจารย์ ดร.อภิสิทธิ์ ซาลำ สำหรับการให้แนะนำและอำนวยความสะดวกทางด้านกล้องจุลทรรศน์ในขั้นตอนการระบุชนิดของละอองเรณู

ขอขอบคุณนายกองค์การบริหารส่วนตำบลหนองคอนไทย อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดชัยภูมิ นายทองล้วน พันแสน สำหรับการช่วยเหลือทางด้านการศึกษาและให้ข้อมูลทะเลสาบหนองคอนไทย อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดชัยภูมิ

ขอขอบคุณ นางสาวรณมล นันตะรา สำหรับการช่วยเหลือทางด้านความรู้ วิธีการปฏิบัติงานทางด้านเรณูวิทยา และขอขอบคุณสำหรับการเป็นที่ปรึกษาที่ดี รับฟังความคิดเห็น และคอยให้กำลังใจเสมอมา

กราบขอบพระคุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจและการสนับสนุนตลอดระยะเวลาที่เป็นนิสิตมหาวิทยาลัยและสุดท้ายขอขอบใจเพื่อนร่วมรุ่นทุกคนที่ร่วมแบ่งปันความรู้สึกที่ดี ความรู้ และช่วยเหลือกันตลอดมา

นายเพชร ขาวล้วน

ผู้จัดทำ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
<b>บทที่ 1 บทนำ (Introduction)</b>	<b>1</b>
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 พื้นที่ศึกษา	2
1.5 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
<b>บทที่ 2 วิธีการดำเนินงานวิจัย (Methodology)</b>	<b>7</b>
2.1 แผนผังขั้นตอนการทำงาน	7
2.2 วิเคราะห์มวลที่หายไปจากการเผา	8
2.3 การเตรียมตัวอย่างละอองเรณู	10
2.4 การวิเคราะห์ละอองเรณู	12
<b>บทที่ 3 ผลการศึกษา (Results)</b>	<b>16</b>
3.1 มวลที่หายไปจากการเผา	16
3.2 ละอองเรณูพืชปัจจุบัน	18
3.3 ปริมาณน้ำเฉลี่ยแบบรายเดือน	23
<b>บทที่ 4 อภิปรายผล (Discussions)</b>	<b>24</b>
4.1 ตัวบ่งชี้ละอองเรณูและมวลที่หายไปจากการเผา	23
4.2 สภาพแวดล้อมหนองคอนไทย	25
<b>บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา</b>	<b>29</b>
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	32
ภาคผนวก ก	33



## สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 1.1	พื้นที่ศึกษาทะเลสาบหนองคอนไทย	3
รูปที่ 1.2	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน อำเภอหนองคอนไทย จังหวัดชัยภูมิ	4
รูปที่ 2.1	ก.) แบ่งตะกอนขนาด 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 100 ตัวอย่าง ข.) ตัวอย่างตะกอนในเบ้าทนไฟ (Crucible) โดยเตาเผาสามารถบรรจุเบ้าทนไฟครั้งละ 50 ถ้วย	9
รูปที่ 2.2	รูปที่ 2.2 ก.) ชั่งน้ำหนักตะกอนและเบ้าทนไฟ ก่อนและหลังการทำให้อุณหภูมิ 550 และ 950 องศาเซลเซียส ข.) เตาเผาอุณหภูมิสูง	9
รูปที่ 2.3	ก.) เม็ดไลโคโปเดียม (Lycopodium Tablets) ข.) การทำละลายตะกอนและไลโคโปเดียมด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์บนเครื่องให้ความร้อน	11
รูปที่ 2.4	ก.) กรองตะกอนบนกระดาษกรอง 200 ไมครอน ข.) ปั่นแยกตะกอนโดยใช้เครื่องปั่นแยกความถี่ 2,000 รอบต่อนาที	11
รูปที่ 2.5	ก.) สารอะซิติก ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) ข.) ขั้นตอนอะซิโตไลซิส (Acetolysis) เพื่อทำละลายอินทรีย์สาร	12
รูปที่ 2.6	ก.) สไลด์ตัวอย่างละอองเรณู ข.) วางพาราฟินรอบละอองเรณูเพื่อเป็นตัวประสานระหว่างกระจกสไลด์และกระจกปิดสไลด์	13
รูปที่ 2.7	ละอองเรณูอ้างอิง ก.) วงศ์หญ้า (Poaceae) ข.) วงศ์กก (Cyperaceae)	13
รูปที่ 2.8	ละอองเรณูอ้างอิง สกุลโอ๊ค วงศ์ก่อ (Quercus, Fagaceae)	14
รูปที่ 2.9	ละอองเรณูอ้างอิง วงศ์สมอ/วงศ์กระถางลาย (Combretaceae/Melastraceae)	14
รูปที่ 2.10	ละอองเรณูอ้างอิง วงศ์ผักบุ้ง (Convolvulaceae)	15

## สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 3.1	ก.) Lithostratigraphy แห่งตะกอนทะเลสาบหนองคอนไทย และ B) สัดส่วนเอ็น-แอลเคน ( <i>n</i> -alkanes) ปรับปรุงจาก Assavapanuvat (2018) ข.) LOI ที่อุณหภูมิตั้ง 550 องศาเซลเซียส (ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน) และที่อุณหภูมิตั้ง 950 องศาเซลเซียส (ปริมาณสารประกอบอินทรีย์)	17
รูปที่ 3.2	ก.) ก.) Lithostratigraphy แห่งตะกอนทะเลสาบหนองคอนไทย ข.) แสดงจำนวนละอองเรณูแต่ละชนิดที่พบในอัตราส่วนร้อยละ และ Fungal spore	19
รูปที่ 3.3	แสดงลักษณะพฤกษศาสตร์ของ Poaceae	21
รูปที่ 3.4	แสดงลักษณะพฤกษศาสตร์ของ Cyperaceae	21
รูปที่ 3.5	แสดงลักษณะพฤกษศาสตร์ของ <i>Quercus</i> (Fagaceae)	22
รูปที่ 3.6	แสดงลักษณะพฤกษศาสตร์ของ Combretaceae/Melastomataceae	22
รูปที่ 3.7	แสดงลักษณะพฤกษศาสตร์ของ Convolvulaceae	23
รูปที่ 3.8	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนอำเภอภูเขียวจังหวัดชัยภูมิ และ จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	22
รูปที่ 3.9	เปรียบเทียบการวิเคราะห์ ก.) Lithostratigraphy แห่งตะกอนทะเลสาบ หนองคอนไทย ข.) การกระจายตัวเอ็น-แอลเคนสายสั้น กลาง และยาว ค.) LOI ที่อุณหภูมิตั้ง 550 องศาเซลเซียส (ปริมาณอินทรีย์วัตถุ) และที่อุณหภูมิตั้ง 950 องศาเซลเซียส(ปริมาณสารประกอบอินทรีย์) ง.) แสดงจำนวนละอองเรณู แต่ละชนิดที่พบในอัตราส่วนร้อยละ และ Fungal spore	28

## สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 1.1	ปริมาณ (เม็ด) ของเรณู 5 วงศ์ของพืชปัจจุบัน และ Fungal spore	20
ตารางที่ 1.1	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเรณูพืชปัจจุบัน	20

ทะเลสาบและใบพีชปัจจุบันโดย Assavapanuvat (2018) พบว่าตะกอนที่สะสมตัวในหนองคอนไทยได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในแต่ละฤดูกาลส่งผลทำให้ปริมาณน้ำท่าที่พาตะกอนสะสมตัวในทะเลสาบลักษณะต่างกัน โดยแอลเคนปกติสายยาว (Long-chain n-alkane) มีต้นกำเนิดจากพีชบก ส่วนแหล่งกำเนิดของ แอลเคนปกติสายสั้นและกลาง (short-chain and medium-chain n-alkane) ยังไม่ชัดเจน ซึ่งอาจถูกสร้างมาจากทั้งพีชบกและพีชชุ่มน้ำ แต่การศึกษาของ Assavapanuvat (2018) ยังไม่สามารถระบุชนิดของพันธุ์พีชที่เปลี่ยนแปลงไปโดยรอบหนองคอนไทยได้ จึงจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลของละอองเรณูเพิ่มเติมเพื่อการจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในบริเวณนี้ที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

### 1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศ โดยอ้างอิงจากตัวบ่งชี้เรณูวิทยาในพื้นที่บริเวณทะเลสาบหนองคอนไทย อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดชัยภูมิ

### 1.2 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

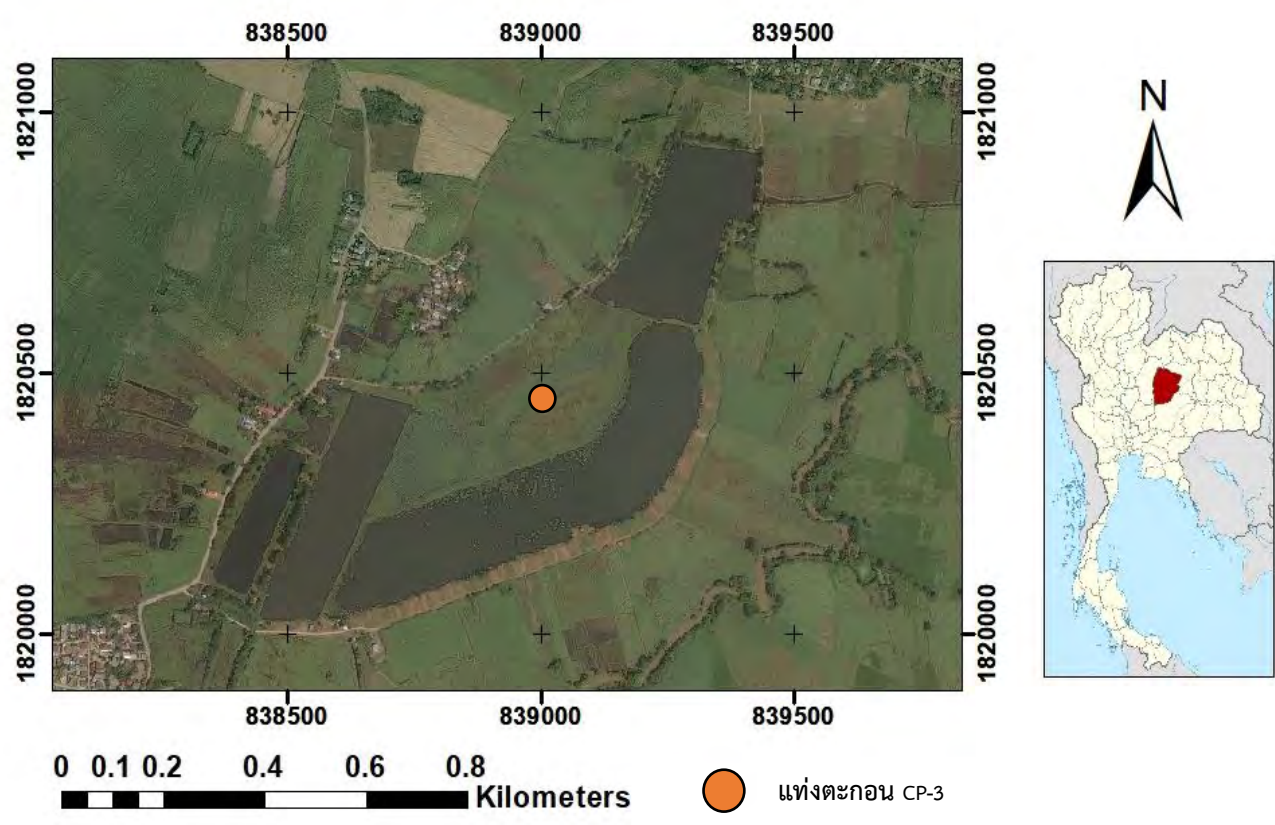
เข้าใจเกี่ยวกับหลักพื้นฐานของการวิเคราะห์ข้อมูลธรณีเคมีด้วยตัวบ่งชี้เรณูวิทยาและการวิเคราะห์มวลที่หายจากการเผา (Loss on ignition) อีกทั้งสามารถจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม บริเวณทะเลสาบหนองคอนไทย อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดชัยภูมิ

### 1.3 พื้นที่ศึกษา

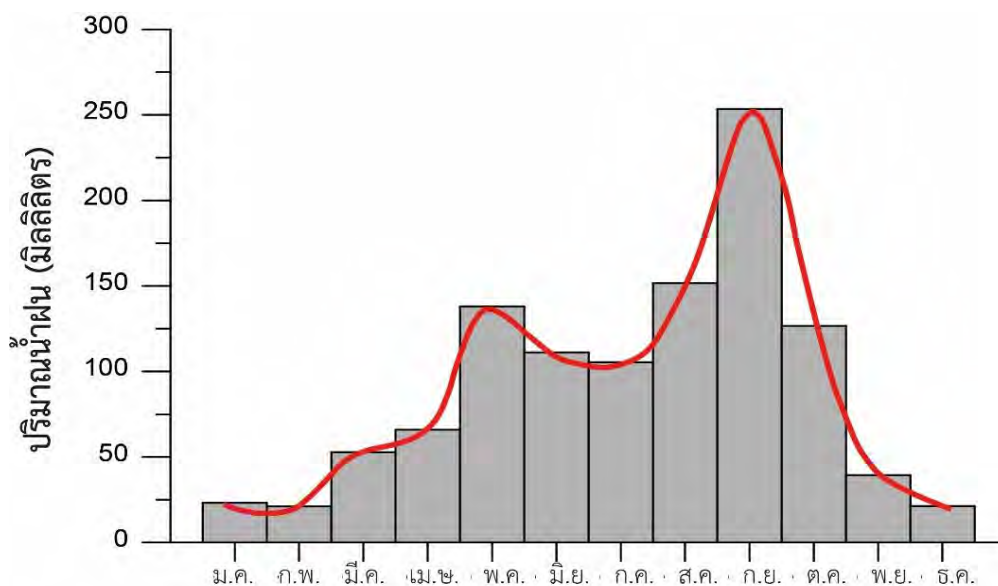
ทะเลสาบหนองคอนไทย อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดชัยภูมิ มีพื้นที่ครอบคลุมประมาณ 0.48 ตารางกิโลเมตร บริเวณรอบหนองน้ำปัจจุบันเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและที่พักอาศัยของคนในพื้นที่ โดยมีลำน้ำไหลเข้าทะเลสาบทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งลำน้ำเชื่อมต่อกับห้วยพรม ซึ่งไหลขนานทะเลสาบทางด้านทิศตะวันออก (รูปที่ 1.1)

ลักษณะทางธรณีวิทยาโดยรอบถูกปกคลุมด้วยตะกอนธารน้ำพา (Alluvial deposits, Qa) ยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) และตั้งอยู่บริเวณด้านตะวันตกเฉียงเหนือของที่ราบสูงโคราช (Korat plateau) มีแนวเทือกเขาเพชรบูรณ์และดงพญาเย็นวางตัวแนวเหนือ-ใต้ทางทิศตะวันตก และแนวเทือกเขาสนกำแพงและพนมดงรักวางตัวแนวตะวันออก-ตะวันตกทางทิศใต้ และแนวเทือกเขาภูพานแบ่งราบสูงโคราชเป็นแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร (Mouret, 1994)

ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาพบว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน อำเภอภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ ระหว่างปี พ.ศ.2521 - 2562 พบว่าช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงกว่า 100 มิลลิเมตร (รูปที่ 1.2) โดยเดือนกันยายน มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุด 250 มิลลิเมตร เดือนมกราคม กุมภาพันธ์ พฤษภาคม และ ตุลาคม มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่ำกว่า 50 มิลลิเมตร



รูปที่ 1.1 พื้นที่ศึกษาทะเลสาบหนองคอนไทย



รูปที่ 1.2 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน อำเภอภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ ระหว่างปี พ.ศ.2521 – 2562 (ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา)

## 1.4 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 1.4.1 ทะเลสาบหนองคอนไทย

Assawapanuvat (2018) จำลองสภาพแวดล้อม ทะเลสาบหนองคอนไทย อำเภอภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ โดยศึกษาการลำดับชั้นแท่งตะกอน CP-3 วิเคราะห์การกระจายตัวของแอลเคนปกติในตะกอนทะเลสาบ ร่วมกับการกำหนดอายุด้วยเทคนิคเรดิโอคาร์บอน (Radiocarbon) และวิเคราะห์ตัวอย่างไบฟิซปัจจุบันจากบริเวณทะเลสาบหนองสามหมื่นซึ่งอยู่ใกล้เคียง พบว่าแอลเคนปกติสายยาว (Long-chain n-alkane) มีแหล่งกำเนิดจากพืชบก ส่วนแหล่งกำเนิดของ แอลเคนปกติสายสั้นและกลาง (Short-chain alkane and medium-chain n-alkane) ยังมีที่มาไม่ชัดเจน เนื่องจากทั้งพืชบกและพืชน้ำสามารถผลิตแอลเคนปกติทั้งสองรูปแบบได้

การลำดับชั้นตะกอนโดยใช้เกณฑ์ความแตกต่างของรูปแบบการกระจายตัวของแอลเคนปกติร่วมกับลักษณะตะกอน แบ่งชั้นตะกอนได้เป็น 5 หน่วย ได้แก่ หน่วย 5 พบแอลเคนปกติโครงสร้างสายยาวปริมาณสูง และเป็นตะกอนโคลนที่มีอินทรีย์วัตถุปะปนสูง แสดงถึงสภาพแวดล้อมการสะสมตัวป่าพรุ โดยหน่วย 4 และ 2 พบแอลเคนปกติโครงสร้างสายยาวมีปฏิกิริยาลดลง ตะกอนลักษณะเป็นตะกอนโคลนแสดงถึงสภาพแวดล้อมที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทำน้อย และหน่วยที่ 3 และ 1 พบแอลเคนปกติสายยาวปริมาณสูง สะสมตัวร่วมกับตะกอนทรายแป้งกรวด ตะกอนโคลนและมีอินทรีย์วัตถุปะปน แสดงถึง

สภาพแวดล้อมที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำท่ามาก และการกำหนดอายุโดยเทคนิคเรดิโอคาร์บอนแสดงให้เห็นว่าตะกอนสะสมตัวหลังปี พ.ศ. 2493 (ค.ศ.1950)

แต่ผลการศึกษาซึ่งยังไม่สามารถระบุการเปลี่ยนแปลงชนิดของพันธุ์พืชโดยรอบหนองคอนไทยได้ชัดเจน จึงทำให้จำเป็นต้องศึกษาร่วมกับตัวบ่งชี้ละอองเรณู เพื่อการจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในบริเวณนี้ที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

#### 1.4.2 ละอองเรณูและพืชปัจจุบันในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

Penny (2001) ใช้ตัวบ่งชี้ละอองเรณูที่สะสมตัวร่วมกับตะกอน จำลองชีวภูมิศาสตร์และสภาพแวดล้อมบรรพกาล พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยเก็บละอองเรณูของพืชในปัจจุบันจากพื้นผิวตะกอนดิน และมอส (*Moss polster*) เพิ่มเติม บริเวณทะเลสาบหนองปะโค หนองหาน กุมภาวปี หนองหานสกลนคร แนวเทือกเขาภูพาน และบริเวณภูกระดึง สามารถระบุชนิดของพืชเป็นไม้ยืนต้นมีเมล็ด 58 กลุ่ม (*Phanerogamous arboreal taxa*) 40 วงศ์

บริเวณแนวเทือกเขาภูพานมีลักษณะเป็นป่าผสมผลัดใบ (*Mix/dry deciduous*) พบละอองเรณูพืชวงศ์ก่อ (*Fagaceae*) พืชสกุลก่อ (*Lithocarpus/Castanopsis*) สกุลโอ๊ค (*Quercus*) พืชวงศ์สมอ/โคลงเคลง (*Combretaceae/Melastomataceae*) พืชสกุลยางนา (*Dipterocarpus*) และพืชวงศ์ชมพู (*Myrtaceae*) ปริมาณมาก ป่าบริเวณภูกระดึงมีลักษณะเป็นป่าผลัดใบแห้งแล้งถึงป่าดิบเขา (*Dry deciduous to evergreen forest*) โดยพบละอองเรณู ของพืชวงศ์ก่อ (*Fagaceae*) สกุลก่อ (*Lithocarpus/Castanopsis*) สกุลโอ๊ค (*Quercus*) ร่วมกับสกุลสน (*Pinus*) ปริมาณมากเช่นเดียวกัน และสำหรับละอองเรณูปัจจุบันในพื้นที่ทะเลสาบทั้ง 3 แห่งไม่พบความแตกต่างของพืชพรรณที่ชัดเจน ซึ่งจะปรากฏพืชประเภทไม้ยืนต้นเด่น โดยพบละอองเรณูพืชสกุลไชยวาน (*Cephalanthus*) พืชสกุลสน (*Pinus*) สกุลโอ๊ค (*Quercus*) พืชวงศ์ชมพู (*Myrtaceae*) และพืชสกุลพังแหร (*Trema*)

ทะเลสาบหนองปะโค (Penny, 2001; White et al., 2004) และหนองหานกุมภาวปี (Kealhofer & Penny, 1998; Penny, 2001) บริเวณแอ่งโคราช จังหวัดอุดรธานี พบละอองเรณูพืชสกุลไชยวาน (*Cephalanthus*) พืชสกุลพังแหร (*Trema*) และพืชสกุลชมพูหรือหว่า (*Eugenia*) เป็นพืชที่อาศัยและเจริญเติบโตในบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำ ซึ่งสามารถสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาที่เกิดขึ้นในอดีตได้

### 1.4.3 มวลหายไปจากการเผา

Heiri et al., 2001 ศึกษาการวิเคราะห์มวลที่หายไปจากการเผาเพื่อประมาณปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic content) และปริมาณอนินทรีย์วัตถุ (Inorganic content) ในตะกอน โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลที่หายไปหลังการเผาและอุณหภูมิ 550 และ 950 องศาเซลเซียส พบว่าการเผา ณ อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส 4 ชั่วโมง อินทรีย์วัตถุในตะกอนผสม (Mixed sediment) จะถูกเผาสมบูรณ์ โดยผลลัพธ์การวิเคราะห์จะขึ้นอยู่กับขนาดของตัวอย่าง จึงควรให้ทุกตัวอย่างของตะกอนในการทดลองมีขนาดเท่ากัน

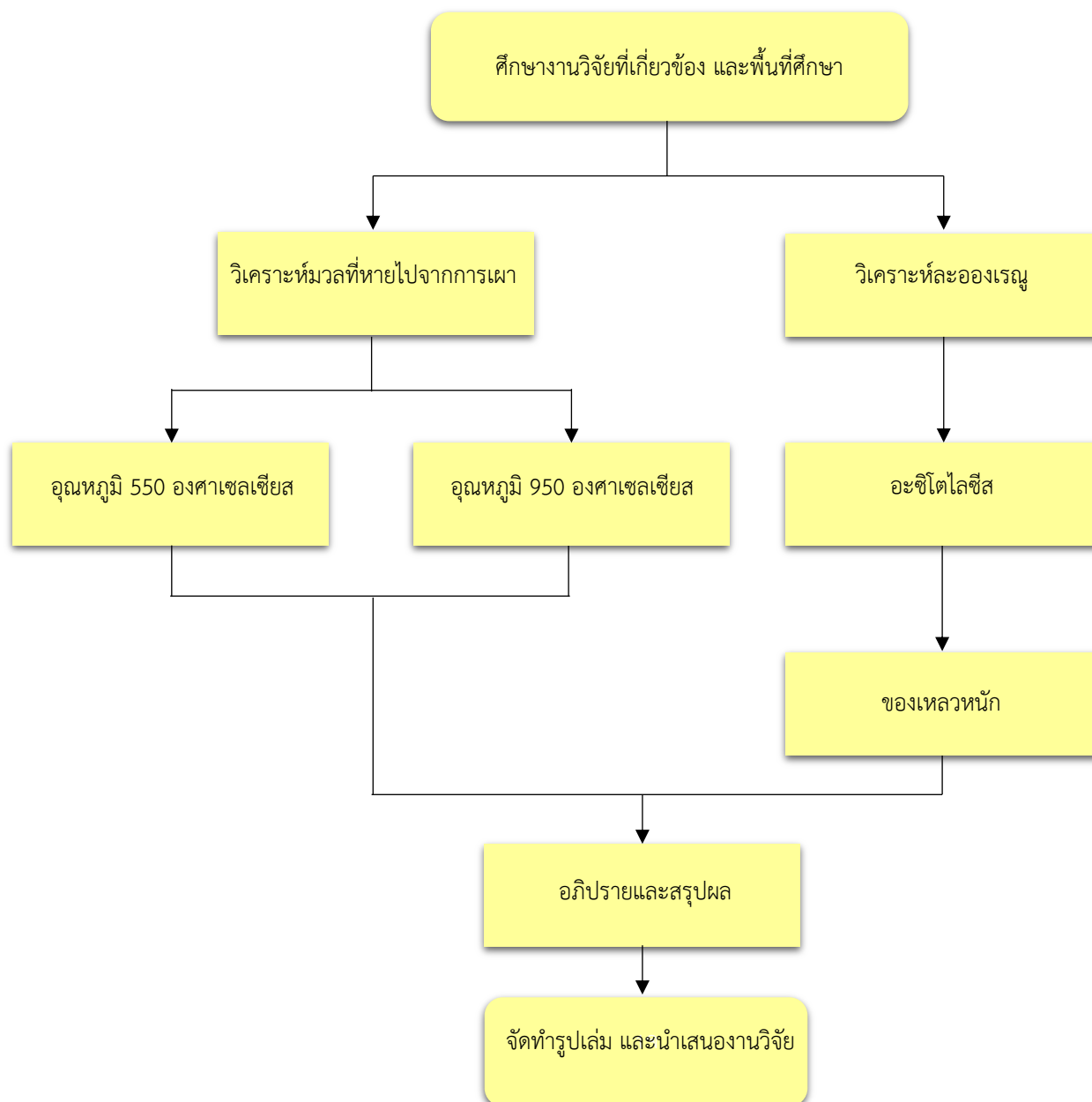
Santisteban et al., 2004 พบว่าอินทรีย์วัตถุจะเริ่มถูกเผาที่อุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซลเซียส เผาไหม้สมบูรณ์ที่ 550 องศาเซลเซียส การวิเคราะห์มวลที่หายไปจากการเผาอุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จะให้ข้อมูลเป็นปริมาณเชิงคุณภาพ (Qualitative data) ไม่สามารถบอกข้อมูลเป็นเชิงปริมาณได้ (Quantitative data) เพราะว่องค์ประกอบอื่นในตะกอนอาจถูกเผาไปพร้อมอินทรีย์วัตถุ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน จึงไม่แนะนำมาคำนวณเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ แต่สามารถนำข้อมูลอินทรีย์วัตถุมาเปรียบเทียบความแตกต่าง มาก น้อย เชิงคุณภาพด้วยกันได้



## บทที่ 2

### วิธีดำเนินงานวิจัย

#### 2.1 แผนผังขั้นตอนการทำงาน



## 2.2 การวิเคราะห์มวลที่หายไปจากการเผา

แบ่งตะกอนขนาดประมาณ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากความลึกทุกๆ 1 เซนติเมตร ของแท่งตะกอน CP-3 ยาว 1 เมตร รวม 100 ตัวอย่าง (รูปที่ 2.1) และชั่งน้ำหนักถ้วยเซรามิกทนความร้อน (Crucible) นำตะกอนที่แบ่งไว้ใส่ลงในถ้วยเซรามิก 100 ถ้วยชั่งน้ำหนัก หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศา เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อกำจัดสารอินทรีย์ ชั่งน้ำหนัก (รูปที่ 2.2) และคำนวณน้ำหนักที่หายไปจากการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส (LOI<sub>550</sub>) ตามสมการ (1)

หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปเผาต่อที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อกำจัดสารประกอบคาร์บอนेट (ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์) หลังเผาตะกอนเสร็จเรียบร้อย ชั่งน้ำหนักและคำนวณค่า LOI<sub>950</sub> ตามสมการ (2)

เนื่องจากอุณหภูมิ 950 องศา เมื่อปริมาณสารประกอบคาร์บอนेटเกิดปฏิกิริยาเผาไหม้ มวลที่หายไปจากการเผาไหม้คือแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) เหลือทิ้งไว้แต่ของแข็งแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ซึ่งโดยปริมาณสารประกอบคาร์บอนेटถูกนำมาคำนวณเป็นสัดส่วนกับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) เท่ากับ 1.36 ซึ่งคุณกลับสมการที่ (2) เพื่อให้ได้น้ำหนักสารประกอบคาร์บอนेटดั้งเดิม

$$\%LOI_{550} = \frac{\text{น้ำหนักหลังเผา 105 องศาเซลเซียส} - \text{น้ำหนักหลังเผา 550 องศาเซลเซียส}}{\text{น้ำหนักหลังอบ 105 องศาเซลเซียส} - \text{น้ำหนักถ้วยเซรามิก}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\%LOI_{950} = \frac{\text{น้ำหนักหลังเผา 550 องศาเซลเซียส} - \text{น้ำหนักหลังเผา 950 องศาเซลเซียส}}{\text{น้ำหนักหลังอบ 150 องศาเซลเซียส} - \text{น้ำหนักถ้วยเซรามิก}} \times 100 \times 1.36 \quad \dots\dots\dots (2)$$



$$\text{mol}_{\text{CaCO}_3} = \text{mol}_{\text{CO}_2}$$

$$\frac{m_{\text{CO}_3^{2-}}}{\text{MW}_{\text{CO}_3^{2-}}} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{\text{MW}_{\text{CO}_2}}$$

$$\frac{m_{\text{CO}_3^{2-}}}{m_{\text{CO}_2}} = \frac{\text{MW}_{\text{CO}_3^{2-}}}{\text{MW}_{\text{CO}_2}} = \frac{60 \text{ g/mol}}{44 \text{ g/mol}} = 1.36 \quad \dots\dots\dots (3)$$



รูปที่ 2.1 ก.) แบ่งตะกอนขนาด 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 100 ตัวอย่าง ข.) ตัวอย่างตะกอนในเบ้าทนไฟ (Crucible) โดยเตาเผาสามารถบรรจุเบ้าทนไฟครั้งละ 50 ถ้วย



รูปที่ 2.2 ก.) ชั่งน้ำหนักตะกอนและเบ้าทนไฟ ก่อนและหลังการทำให้อุณหภูมิ 550 และ 950 องศาเซลเซียส ข.) เตาเผาอุณหภูมิสูง

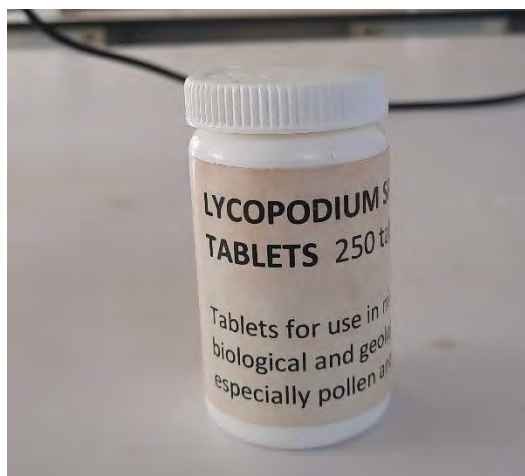
### 2.3 การเตรียมตัวอย่างละอองเรณู

แบ่งตัวอย่างตะกอนขนาด 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 8 ตัวอย่างซึ่งเป็นตัวแทนของชั้นตะกอนแต่ละชั้น (รูปที่ 3.1) เตรียมตัวอย่างตามวิธีการของ Ellison (2008) ผสมไลโคโปเดียม (Lycopodium spore tablet) 1 เม็ด ลงในปีกเกอร์ก่อนเตรียมตัวอย่าง (รูปที่ 2.3) เพื่อตรวจสอบว่าขั้นตอนการสกัดละอองเรณูถูกต้องและมีละอองเรณูสะสมในตะกอนจริง หลังจากนั้นเติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide, KOH) 10 มิลลิลิตร พร้อมเพิ่มอุณหภูมิด้วยเครื่องให้ความร้อน (Hot plate) ระยะเวลา 15 นาที (รูปที่ 2.3) จนตะกอนไม่จับตัว เพื่อกำจัดสารประกอบกรดฮิวมิก โดยกรองด้วยกระดาษกรองขนาด 0.2 มิลลิเมตร ลงในหลอดโพรพิลีน (Polypropylene centrifuge tube) (รูปที่ 2.4) โดยปรับปริมาตรสารละลายให้เท่ากันทุกหลอด และนำไปปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) 2,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที เทของเหลวทิ้งและทำความสะอาดตะกอนด้วยน้ำ โดยเพิ่มปริมาตรน้ำให้พอดีตัวอย่าง และใช้เครื่องผสมสารละลาย (Vortex mixer) จนตะกอนเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วปรับปริมาตรพร้อมทั้งนำไปปั่นเหวี่ยงอีกครั้ง

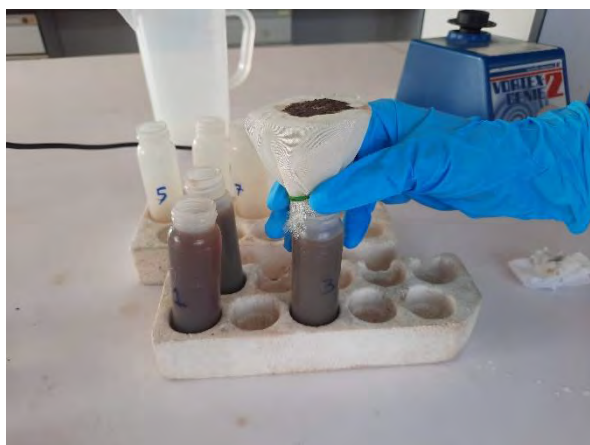
เติมสารอะซิติก ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) เข้มข้น ปริมาณ 3 มิลลิลิตร เป็นเวลา 3 นาที ลงในตัวอย่างและนำไปปั่นเหวี่ยงให้ตัวอย่างตกตะกอนแล้วเทกรดออกอย่างระมัดระวัง หลังจากนั้นผสมสารละลายอะซิโตนไลซิส [ $(\text{CH}_3\text{CO}_2\text{O}) : \text{conc. H}_2\text{SO}_4, 9:1$ ] (รูปที่ 2.5) ลงในตัวอย่างเพื่อทำละลายอินทรีย์สาร เป็นเวลา 5 นาที พร้อมแล้วนำไปปั่นเหวี่ยงอีกครั้ง หลังจากนั้นล้างด้วยสารอะซิติกเข้มข้น และทำความสะอาดตะกอน กระบวนการทั้งหมดนี้ทำซ้ำ 2 ครั้ง

นำตัวอย่างที่สกัดแล้ว แช่ในเครื่องทำความสะอาดอัลตราโซนิค (Ultrasonic cleaner) เพื่อช่วยให้สารอินทรีย์และตะกอนแยกออกจากกันได้ดีขึ้น เติมสารโซเดียมโพลีทังสเตต ( $3\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 9\text{WO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) ความหนาแน่น 2 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงไป 2 มิลลิลิตรและใช้เครื่องผสมสารละลายปั่น แล้วเพิ่มปริมาตรน้ำอย่างระมัดระวัง ตะกอนจะถูกปั่นเหวี่ยง 2,000 รอบต่อนาที ระยะเวลา 2 นาที จะพบการแยกชั้นของน้ำของเหลวหนัก และตะกอน เรียงจากด้านบนลงไปด้านล่างตามลำดับ ซึ่งจะละอองเรณูจะแขวนลอยในชั้นของเหลวหนัก ดูดของเหลวหนักโดยที่มีละอองเรณูกระจายตัวอยู่ หลอดหยด (Dropper)

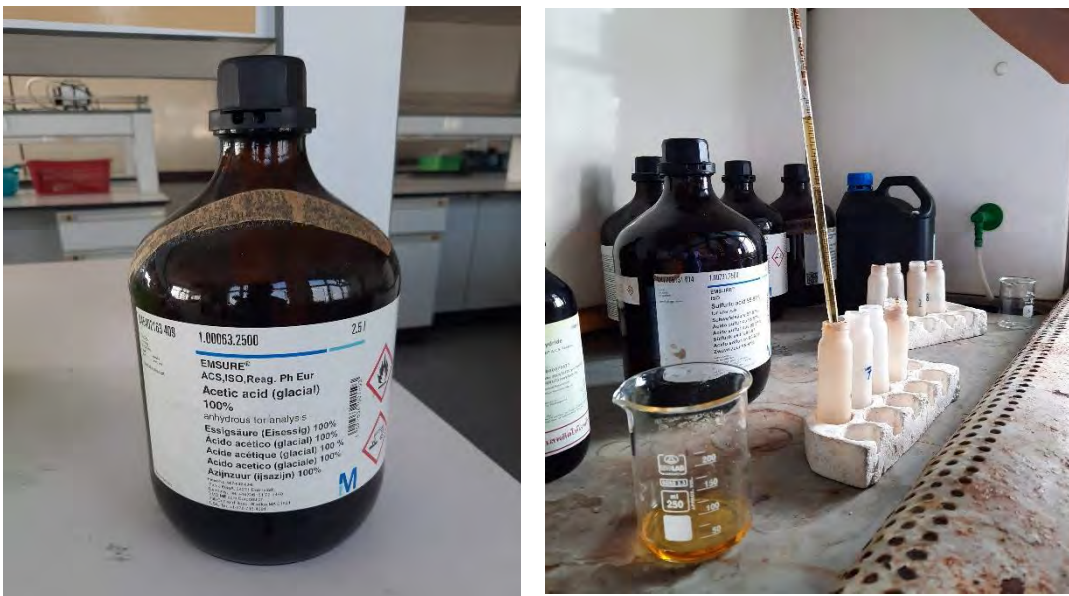
ขั้นตอนสุดท้าย กระบวนการทำแห้ง (Dehydration) โดยนำตัวอย่างทำละลายด้วยแอลกอฮอล์เข้มข้น (Concentrate alcohol) 96 เปอร์เซ็นต์ พร้อมทั้งปั่นเหวี่ยง 2,000 รอบต่อนาที ระยะเวลา 2 นาที และทำละลายด้วยแอลกอฮอล์ซ้ำอีกหนึ่งรอบ เติมน้ำมันซิลิโคน (Silicone oil) 2-3 หยด หลังจากนั้นอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อระเหยแอลกอฮอล์ออกจากตัวอย่าง



รูปที่ 2.3 ก.) เม็ดไลโคโปเดียม (Lycopodium Tablets) ข.) การทำละลายตะกอนและไลโคโปเดียมด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์บนเครื่องให้ความร้อน



รูปที่ 2.4 ก.) กรองตะกอนบนกระดาษกรอง 200 ไมครอน ข.) ปั่นแยกตะกอนโดยใช้เครื่องปั่นแยกความถี่ 2,000 รอบต่อนาที



รูปที่ 2.5 ก.) สารอะซิติก ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) ข.) ขั้นตอนอะซิโตไลซิส (Acetolysis) เพื่อทำลายอินทรีย์สาร

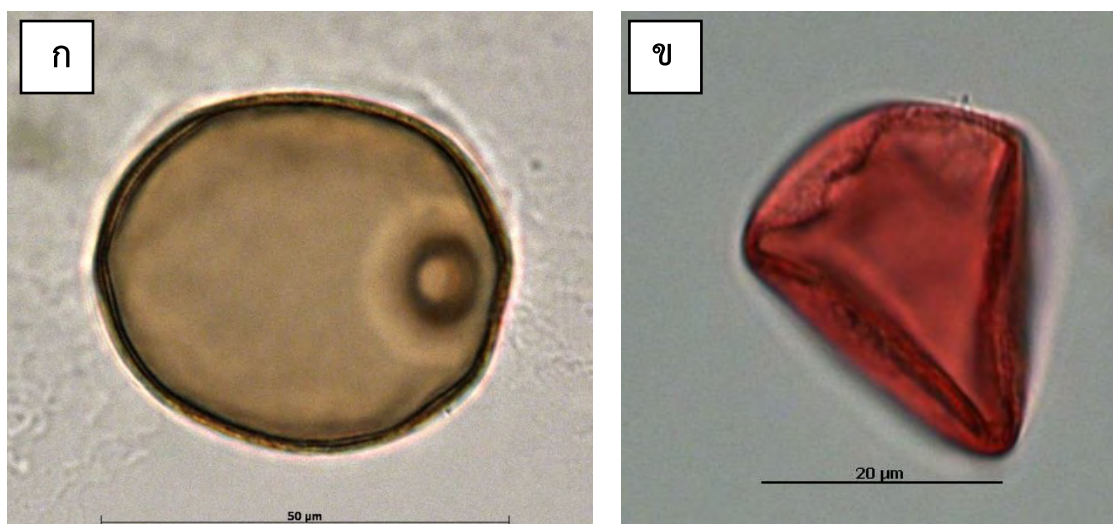
## 2.4 การวิเคราะห์ละอองเรณู

การวิเคราะห์ตัวอย่างละอองเรณู ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (Stereo microscope) จำแนกชนิดโดยใช้สัณฐาน (Morphology) ดังนี้ สัณฐาน (Morphology) ลวดลาย (Sculpture) ช่องเปิด (Aperture) และขนาด (Size) โดยละอองเรณูถูกระบุชนิดโดยเปรียบเทียบ การระบุชนิดละอองเรณูอ้างอิงจากงานวิจัยของ Penny (2001) และ Austrasian pollen and spore atlas (<http://apsa.anu.edu.au/>) (รูปที่ 2.8 – 2.11) นับปริมาณละอองเรณู 100 ละอองเรณูต่อสไลด์ กรณีพบละอองเรณูไม่ถึงตามเกณฑ์ให้คำนวณละอองเรณูในหน่วยร้อยละ

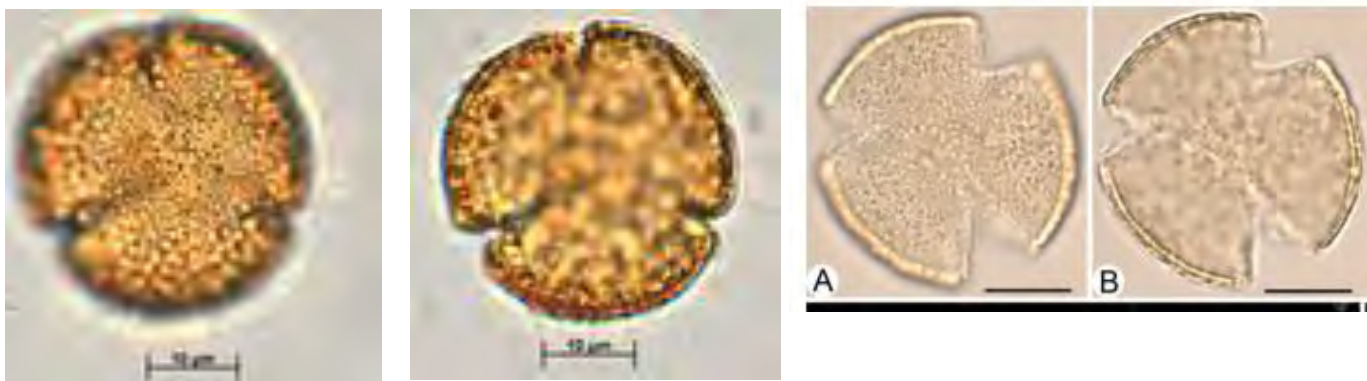
ในส่วนการเตรียมสไลด์ตัวอย่างละอองเรณู นำตัวอย่างละอองเรณูวางไว้บนสไลด์ และวางพาราฟินสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดเท่ากัน ล้อมรอบตัวอย่างเป็นวงกลม หลังจากนั้นปิดทับสไลด์ด้วยกระจกปิดสไลด์ (Cover glass) พร้อมทั้งให้อุณหภูมิเพื่อให้พาราฟินละลาย (รูปที่ 2.7)



รูปที่ 2.6 ก.) สไลด์ตัวอย่างละอองเรณู ข.) วางพาราฟินรอบละอองเรณูเพื่อเป็นตัวประสานระหว่างกระจกสไลด์และกระจกปิดสไลด์

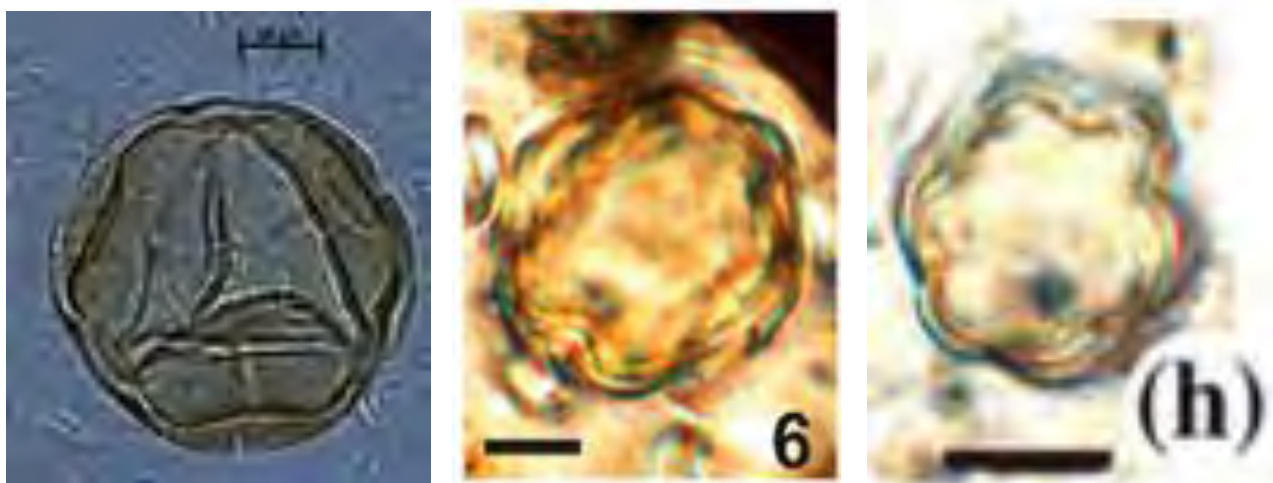


รูปที่ 2.7 ละอองเรณูอ้างอิง ก.) วงศ์หญ้า (Poaceae) ข.) วงศ์กก (Cyperaceae)  
(ที่มา: Austrasian pollen and spore atlas, <http://apsa.anu.edu.au/>)



รูปที่ 2.8 ละอองเรณูอ้างอิง วงศ์ก่อ (Fagaceae)

(ที่มา: Austrasian pollen and spore atlas, <http://apsa.anu.edu.au/>)



รูปที่ 2.9 ละอองเรณูอ้างอิง วงศ์สมอ/วงศ์กระทงลาย (Combretaceae/Melastraceae)

(ที่มา: Austrasian pollen and spore atlas, <http://apsa.anu.edu.au/>)





รูปที่ 2.10 ละอองเรณูอ้างอิง วงศ์ผักบึ้ง (Convolvulaceae)

(ที่มา: Austrasian pollen and spore atlas, <http://apsa.anu.edu.au/>)

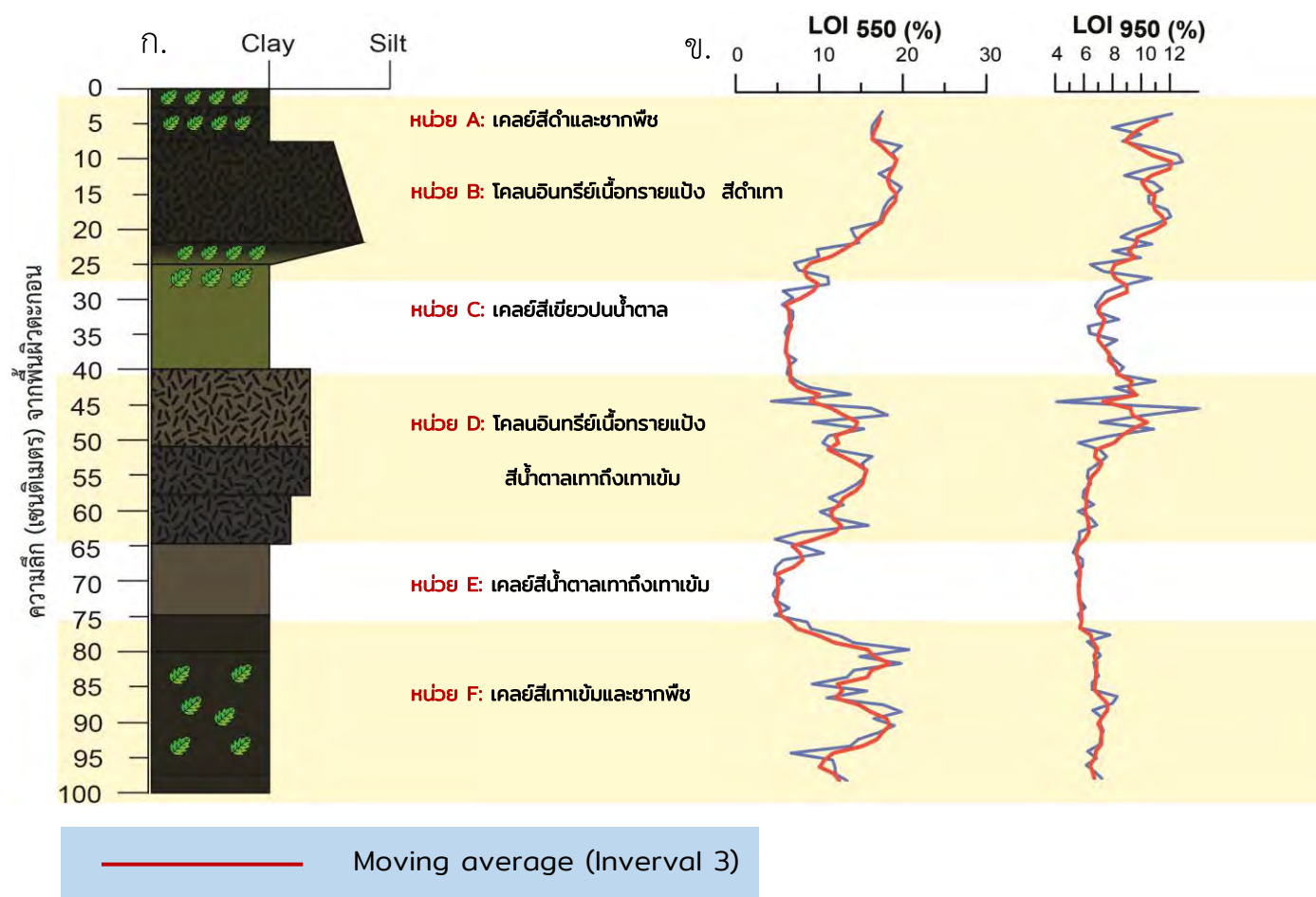
## บทที่ 3

### ผลการศึกษา

#### 3.1 การวิเคราะห์มวลที่หายไปจากการเผา (Loss on ignition: LOI)

จากผลการทดลองวิเคราะห์มวลที่หายไปจากการเผาของแท่งตะกอน CP-3 ทุกๆความลึก 1 เซนติเมตร จำนวน 100 ตัวอย่าง ถูกนำมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความลึกจากพื้นผิวตะกอน (เซนติเมตร) กับ %LOI<sub>550</sub> และ %LOI<sub>950</sub> (รูปที่ 3.1) พบว่าร้อยละของค่า LOI<sub>550</sub> ที่ความลึกใต้ผิวตะกอน ช่วงความลึกที่ 100 – 75 เซนติเมตร 65 – 40 เซนติเมตร และ 23 – 1 เซนติเมตร มีปริมาณอยู่ในช่วงร้อยละ 15 – 25 และร้อยละของค่า LOI<sub>950</sub> ที่ความลึกใต้ผิวตะกอน ช่วงความลึกที่ 74 – 64 เซนติเมตร และ 39 – 23 เซนติเมตร พบว่าอินทรีย์คาร์บอนลดลง โดยค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 5 – 15 ทำให้ภาพรวมว่าร้อยละอินทรีย์คาร์บอนมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงเป็นช่วงสลับกัน

มวลที่หายไปจากการเผา ที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส พบว่าช่วงความลึก 77 – 100 เซนติเมตร 37 – 55 เซนติเมตร และ 1 – 23 เซนติเมตร มีค่าเพิ่มขึ้นของเล็กน้อยและมีการผันผวนภายในช่วงความลึก โดยมีค่าร้อยละ ในช่วงร้อยละ 6 – 14 ส่วนมวลที่หายไปของความลึกใต้ผิวตะกอนช่วง 55 – 77 เซนติเมตร และ 28 – 36 เซนติเมตร มีการลดลงของเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ที่ประมาณร้อยละ 8



รูปที่ 3.1 ก.) Lithostratigraphy แห่งตะกอนทะเลสาบหนองคอนไทย ปรับปรุงจาก Assavapanuvat (2018) ข.) มวลที่หายไปจากการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส (ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน) และที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส (ปริมาณสารประกอบอินทรีย์)

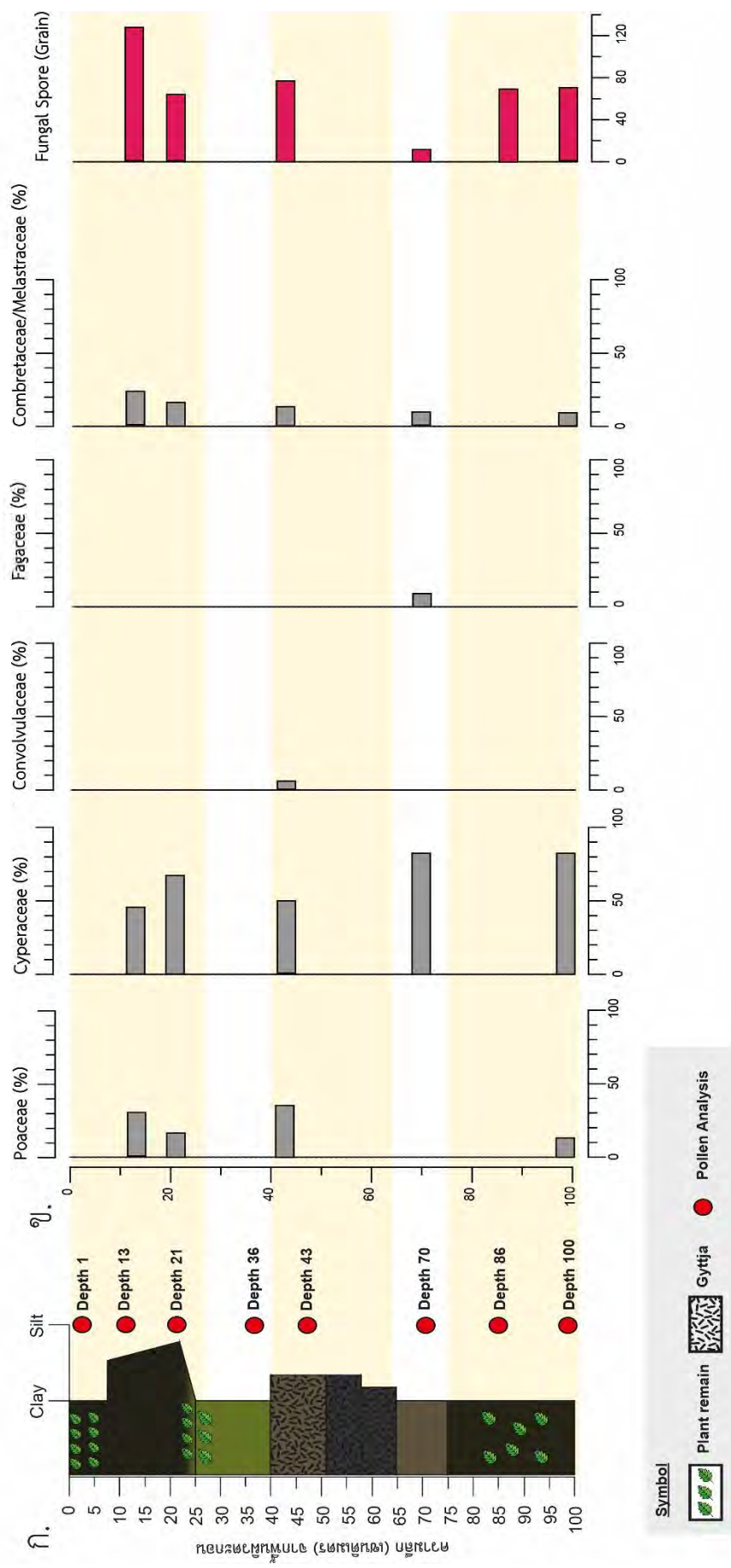
### 3.2 ละอองเรณูของพืชปัจจุบัน

จากการวิเคราะห์เรณูในแท่งตะกอน CP-3 จำนวน 8 ตัวอย่าง โดยอ้างอิงความลึกจากพื้นผิวตะกอน ได้แก่ ความลึกที่ 1 13 21 36 43 70 86 และ 100 เซนติเมตร โดยใช้ข้อมูลเปรียบเทียบเรณูในพืชปัจจุบัน (modern pollen) จากงานวิจัยของ Penny (2001) สามารถจำแนกเรณูออกเป็น 5 วงศ์ ได้แก่ วงศ์หญ้า (Poaceae), วงศ์กก (Cyperaceae), วงศ์ผักบุ้ง (Convolvulaceae), วงศ์ก่อ Fagaceae , วงศ์สมอ/วงศ์กระถางลาย (Combretaceae/Melastraceae) และพบ สปอร์เชื้อรา (Fungal Spore) ซึ่งไม่สามารถระบุชนิดวงศ์ได้ (รูปที่ 3.2)

ความลึกจากพื้นผิวตะกอนที่ 1 และ 36 เซนติเมตร ไม่พบเรณูและสปอร์เชื้อราในตะกอน ส่วนความลึกที่ 86 เซนติเมตร ไม่พบละอองเรณู แต่พบ Fungal spore จำนวน 68 เม็ด (ตารางที่ 1.1)

ความลึกจากพื้นผิวตะกอนที่ 13 เซนติเมตร ประกอบด้วยเรณูวงศ์หญ้าร้อยละ 30.4 วงศ์กกร้อยละ 45.6 วงศ์สมอ/วงศ์กระถางลายร้อยละ 23.9 พบเรณูทั้งหมด 92 เม็ด และสปอร์เชื้อราจำนวน 128 เม็ด ความลึกจากพื้นผิวตะกอนที่ 21 เซนติเมตร พบเรณูวงศ์หญ้าร้อยละ 16.3 วงศ์กกร้อยละ 67.3 วงศ์สมอ/วงศ์กระถางลายร้อยละ 16.32 ทั้งหมด 98 เม็ด และ Fungal spore 59 เม็ด ความลึกจากพื้นผิวตะกอนที่ 43 เซนติเมตร พบเรณูวงศ์หญ้าร้อยละ 36.0 วงศ์กกร้อยละ 50.8 วงศ์ผักบุ้งร้อยละ 6.56 วงศ์สมอ/วงศ์กระถางลายร้อยละ 14.7 ทั้งหมด 122 เม็ด และ Fungal spore 77 เม็ด ความลึกจากพื้นผิวตะกอนที่ 70 เซนติเมตร พบเรณูวงศ์กกร้อยละ 82.3 วงศ์ก่อร้อยละ 7.84 วงศ์สมอ/วงศ์กระถางลายร้อยละ 9.8 ทั้งหมด 51 เม็ด และ Fungal spore 8 เม็ด และความลึกจากพื้นผิวตะกอนที่ 100 เซนติเมตร พบเรณูวงศ์หญ้าร้อยละ 13.0 วงศ์กกร้อยละ 81.5 วงศ์สมอ/วงศ์กระถางลายร้อยละ 5.4 ทั้งหมด 92 เม็ด และสปอร์เชื้อรา 52 เม็ด

ผลวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเรณูแต่ละวงศ์ (ตาราง 1.2) พบว่าจำนวนละอองเรณูแต่ละความลึก แต่ละวงศ์ ส่วนใหญ่อยู่ในตำแหน่งที่มีค่าเฉลี่ย  $\pm 2$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ยกเว้น วงศ์หญ้าร้อยละ 43 เซนติเมตร วงศ์กกความลึกที่ 100 เซนติเมตร วงศ์ผักบุ้ง วงศ์ก่อความลึกที่ 70 เซนติเมตร และวงศ์สมอ/วงศ์กระถางลาย ความลึกที่ 13 เซนติเมตร มีปริมาณมากกว่าค่าเฉลี่ย  $\pm 2$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)



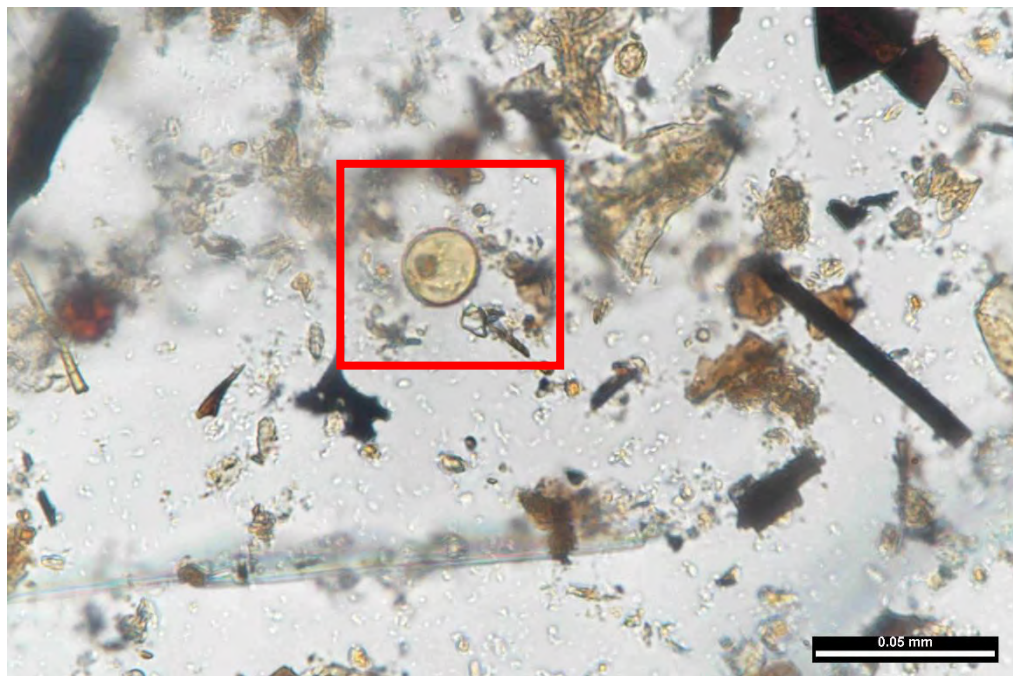
รูปที่ 3.2 ก.) Lithostratigraphy แห่งตะกอนทะเลสาบหนองคอนไทย ข.) แสดงจำนวนละอองเรณูแต่ละชนิดที่พบในอัตราส่วนร้อยละ และ Fungal spore

ตารางที่ 1.1 ปริมาณ (เม็ด) ของเรณู 5 วงศ์ของพืชปัจจุบัน และ Fungal spore

Dept / Family	Poaceae	Cyperaceae	Convolvulaceae	<i>Quercus</i> (Fagaceae)	Combretaceae /Melastraceae	Total Pollen	Fungal Spore
1							
13	28	42	0	0	22	92	128
21	16	66	0	0	16	98	59
36							
43	44	62	8	0	18	122	77
70	0	42	0	4	5	51	8
86							68
100	12	75	0	0	5	92	52
Total	100	287	8	4	66	455	392

ตารางที่ 1.2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเรณูพืชปัจจุบัน

Family	mean	$\pm$ S.D.
Poaceae	20	14.36
Cyperaceae	57.4	16.98
Convolvulaceae	1.6	2.93
<i>Quercus</i> (Fagaceae)	0.8	3.50
Combretaceae /Melastraceae	13.2	6.98



รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะพฤกษศาสตร์ของวงศหญ้า Poaceae



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะพฤกษศาสตร์ของวงศ์กก Cyperaceae



รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะพฤกษศาสตร์ของวงศ์ก่อ (Fagaceae)



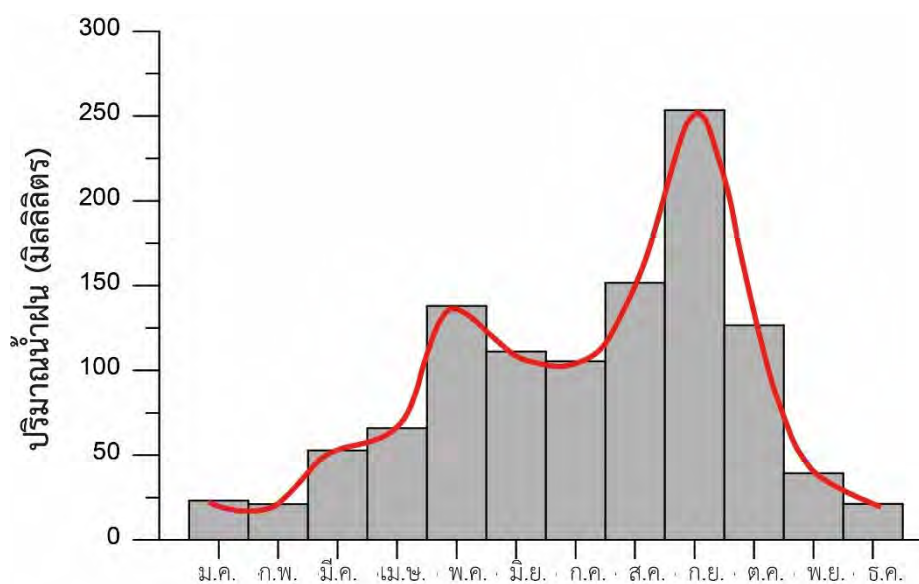
รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะพฤกษศาสตร์ของวงศ์สมอ/วงศ์กระถางลาย Combretaceae/Melastomataceae





รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะพฤกษศาสตร์ของวงศ์ผักบุ้ง Convolvulaceae

### 3.3 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนอำเภอภูเขียวจังหวัดชัยภูมิ ระหว่างปี พ.ศ.2521 - 2562



รูปที่ 3.8 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนอำเภอภูเขียวจังหวัดชัยภูมิ และจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

## บทที่ 4

### อภิปรายผล

#### 4.1 ตัวบ่งชี้ละอองเรณูและมวลที่หายไปจากการเผา

จากผลการวิเคราะห์ตัวบ่งชี้ทางเรณูวิทยาจากแท่งตะกอน CP-3 จะพบละอองเรณู วงศ์หญ้า วงศ์กก Fungal spore ปริมาณมาก และพบวงศ์สมอ/วงศ์กระทิงหลายปริมาณเล็กน้อย โดยพบในตัวอย่างตะกอนทุกความลึก ที่สามารถสกัดละอองเรณูได้ โดยซึ่งพิจารณาจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเรณูพืชปัจจุบันแต่ละชนิด (ตารางที่ 1.2) พบว่า โดยภาพรวมละอองเรณูแต่ละชนิดมีปริมาณอยู่ในช่วงของค่าเฉลี่ย  $\pm 2$  เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของละอองเรณูชนิดนั้น ซึ่งแสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงชนิดพันธุ์พืชแบบมีนัยสำคัญ จึงอาจกล่าวได้ว่า พืชเหล่านี้เป็นกลุ่มพืชหลักของสังคมพืชบริเวณพื้นที่แห่งนี้

เมื่อพิจารณาปริมาณละอองเรณูเปรียบเทียบการวิเคราะห์กับมวลที่หายไปจากการเผาอุณหภูมิตั้งที่ 550 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้ประมาณการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์วัตถุในตะกอน และการกระจายตัวของแอลเคนปกติสายยาว ของ Assawapanuvat (2018) (รูปที่ 3.9) พบปริมาณละอองเรณูและสปอร์เชื้อรา ที่ความลึก 100 86 43 21 13 เซนติเมตร มีปริมาณเฉลี่ยสูงกว่าความลึกที่เหลือ ซึ่งมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับมวลที่หายไปจากการเผาอุณหภูมิตั้งที่ 550 องศาเซลเซียส ช่วงความลึกที่ 100 – 75 เซนติเมตร 65 – 40 เซนติเมตร และ 23 – 1 เซนติเมตร ซึ่งมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง และในส่วนของแอลเคนปกติสายยาว ช่วงความลึกที่ 100 – 77 เซนติเมตร 65 – 41 เซนติเมตร และ 25 – 1 เซนติเมตร พบปริมาณความเข้มข้นสูงเช่นเดียวกันกับตัวบ่งชี้ข้างต้น ซึ่งสามารถบ่งบอกได้ว่าอินทรีย์วัตถุที่พบในทะเลสาบมีต้นกำเนิดจากพืชบก (Assawapanuvat, 2018) เพราะพืชบกเป็นต้นกำเนิดแอลเคนปกติสายยาวเพียงกลุ่มเดียว ในส่วนของตัวอย่างความลึกที่ 70 เซนติเมตร พบปริมาณของละอองเรณูและสปอร์เชื้อราปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับความลึกอื่น ความลึกที่ 36 เซนติเมตร ไม่พบละอองเรณูและสปอร์เชื้อรา อาจเกิดจากตะกอนที่สะสมตัวนั้นมีปริมาณละอองเรณูปะปนอยู่น้อยมากหรือเกิดการออกซิเดชัน (Oxidization) ทำให้ละอองเรณูไม่สามารถสะสมตัวอยู่ร่วมกับในตะกอนได้ ทำให้เมื่อตะกอนถูกนำวิเคราะห์จึงไม่พบในตะกอน ซึ่งทั้งสองความลึกนี้มีแนวโน้มความสัมพันธ์กับมวลที่หายไปจากการเผาอุณหภูมิตั้งที่ 550 องศาเซลเซียส ช่วงความลึกที่ 74 – 66 เซนติเมตร และ 39 – 24 เซนติเมตร ซึ่งพบปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ อีกทั้งส่วนของแอลเคนปกติสายยาว ช่วงความลึกที่ 76 – 66 เซนติเมตร และ 40 – 26 เซนติเมตร มีปริมาณความเข้มข้นของแอลเคนปกติสายยาวต่ำเช่นเดียวกัน จากข้อมูลข้างต้นพบว่าละอองเรณูสปอร์เชื้อรา มวลที่หายไปจากการเผาที่อุณหภูมิตั้งที่ 550 องศา

เซลเซียสและการกระจายตัวของแอลเคนปกติสายยาวมีความสัมพันธ์เชิงปริมาณสอดคล้องซึ่งกันและกัน ดังนั้น ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่สะสมตัวในตะกอนมีต้นกำเนิดจากพืชบกที่ถูกพัดพาลงมาในทะเลสาบ

สำหรับละอองเรณูที่พบเพียงบางความลึกของชั้นตะกอน ได้แก่ วงศ์ผักบุง (Convolvulaceae) ความลึกจากพื้นผิวตะกอนที่ 41 มีปริมาณร้อยละ 6.56 ซึ่งค่าเฉลี่ยละอองเรณูจากทุกความลึกที่วิเคราะห์ตะกอนเท่ากับ 1.6 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.93 โดยเป็นพืชล้มลุก จะเลื้อยขึ้นแม่ตามน้ำหรือในที่ลุ่มตามพื้นน้ำที่มีความชื้นและแฉะ โดยการพบเรณูของผักบุง เป็นหลักฐานสำคัญในการบ่งชี้การตกสะสมตะกอนที่เป็นหนองน้ำจืด (วิชเนส ทรงธรรม และคณะ, 2556) และวงศ์ก่อ (Fagaceae) ความลึกจากพื้นผิวตะกอนที่ 70 มีปริมาณร้อยละ 7.84 ซึ่งค่าเฉลี่ยละอองเรณูจากทุกความลึกที่วิเคราะห์ตะกอนเท่ากับ 0.8 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.50 โดยเป็นพืชไม้ต้น ระบบนิเวศป่าเขตอบอุ่น พบการกระจายพันธุ์อยู่ทั่วโลก (อังกอร์ แจ็งซัน, 2541) จำนวนละอองเรณูของพืชทั้งสองชนิดข้างต้นมีปริมาณที่น้อยและพบเพียงบางชั้นตะกอนเท่านั้น โดยปริมาณของละอองเรณูทั้งสองชนิดมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน  $\pm 2$  เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่า S.D. มีค่าสูง การกระจายของข้อมูลมาก ไม่แม่นยำ จึงคาดการณ์ว่าพืชกลุ่มนี้มีจำนวนน้อยและถูกพัดพามาจากสถานที่อื่น ทำให้ละอองเรณูของพืชเหล่านี้สะสมตัวลงในตะกอนบางช่วงเวลาเท่านั้น ทำให้ไม่ได้นำมาร่วมพิจารณาสภาพแวดล้อมทะเลสาบคอนไทย

#### 4.2 สภาพแวดล้อมหนองคอนไทย

การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมโดยอ้างอิงจากตัวบ่งชี้เรณูวิทยาบริเวณหนองคอนไทยสามารถอธิบายโดยอาศัยผลวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของมวลที่หายไปจากการเผาและการกระจายตัวของแอลเคนปกติสายยาว (รูปที่ 3.9) ในตัวอย่างตะกอนหนองคอนไทย CP-3 ข้อมูลนายกองคการบริหารส่วนตำบลหนองคอนไทย พบว่า ทางหน่วยงานได้มีการขุดลอกคลองเพื่อนำกลุ่มของพืชบนผิวน้ำและตะกอนออกเพื่อเพิ่มปริมาตรสระ เมื่อ พ.ศ.2557 โดยทางทีมวิจัยได้เจาะแท่งตะกอนหลังจากนั้น เมื่อ พ.ศ.2561 โดยมีระยะเวลาห่างกันทั้งหมด 4 - 5 ปี แสดงให้เห็นว่า ตัวอย่างตะกอนสะสมตัวในยุคปัจจุบันและมีการสะสมตัวที่รวดเร็วมาก

เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงปริมาณและเวลาของตัวบ่งชี้ละอองเรณู ปริมาณอินทรีย์วัตถุ การกระจายตัวของแอลเคนปกติ สายยาว และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนจังหวัดชัยภูมิพบว่า ปริมาณละอองเรณู ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และการกระจายตัวของแอลเคนปกติสายยาว มีปริมาณโดยรวมสูงทั้งหมด 3 ช่วงโดยสลับกับช่วงที่มีปริมาณน้อย ซึ่งพอดีกับช่วงระยะเวลาตั้งแต่ลอกคลองจนถึงเจาะแท่งตะกอนประมาณ 4 - 5 ปี สามารถเกิดการสะสมอินทรีย์วัตถุสลับช่วงกันได้ จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยจังหวัดชัยภูมิพบว่าจะมีช่วงเดือนตั้งแต่ พฤษภาคมถึงตุลาคมจะมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเกิน 100 มิลลิเมตร และเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยน้อยกว่า 100 มิลลิเมตร จึงเกิดเป็นช่วงเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนมากสลับกับปริมาณน้ำฝนน้อยในพื้นที่

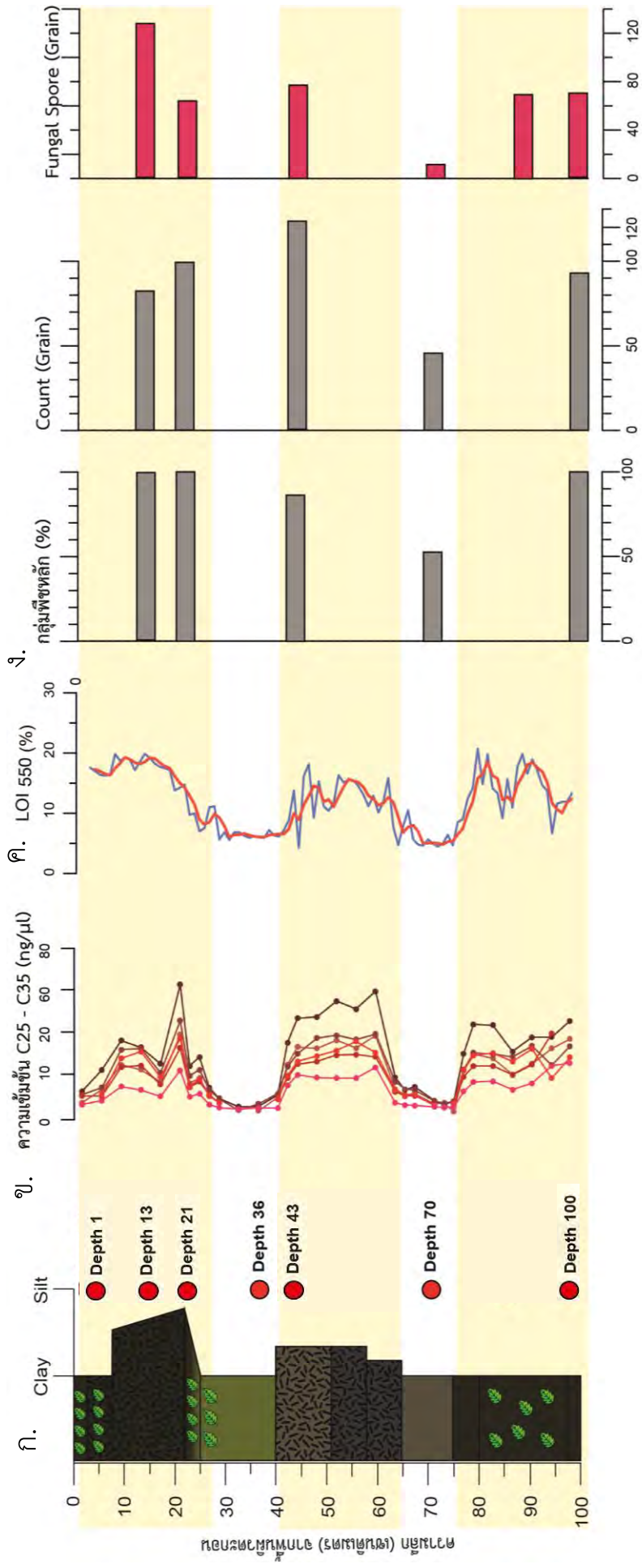
ศึกษา ดังนั้นปริมาณตะกอน อินทรีย์วัตถุ และละอองเรณู คาดว่าได้รับอิทธิพลจากเกิดน้ำท่าที่ไหลจากผิวดินพา อินทรีย์วัตถุและตะกอนลงสู่หนองคอนไทย โดยในช่วงเดือนที่มีการทำเกษตรกรรม เมื่อมีฝนตกลงมาพีชจากการทำการเกษตรอาจจะเป็นตัวกั้น ชัดขวาง การไหลของอินทรีย์วัตถุลงสู่หนองคอนไทย อาจทำให้พบปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยในตะกอน

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำฝนในจังหวัดชัยภูมิและจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านประเทศไทยช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม พายุความชื้นจากมหาสมุทรอินเดียขึ้นมาทางประเทศไทย จึงพบว่ามีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนสูง หลังจากนั้นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่านประเทศไทยในช่วงพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ (Chabangborn and Wohlfarth, 2014) พัดอากาศเย็นและแห้งปกคลุม โดยเฉพาะบริเวณภาคเหนือและภาคอีสาน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยจึงพบปริมาณน้อย (รูปที่ 1.3) นอกจากนี้คาดว่าจะได้รับอิทธิพลจากการเคลื่อนตัวของร่องมรสุม (Intertropic convergence zone) โดยเดือนพฤษภาคม ร่องมรสุมเคลื่อนที่พาดผ่านประเทศไทย ปลายเดือนมิถุนายนร่องมรสุมเคลื่อนที่สูงขึ้นไปทางตอนใต้ประเทศจีน และเดือนสิงหาคมร่องมรสุมเคลื่อนที่กลับมาประเทศไทยอีกครั้ง ได้รับอิทธิพลเสริมจากลมสินค้าทำให้เกิดฝนตกรุนแรง ตั้งแต่เดือนตุลาคมเป็นต้นไป ร่องมรสุมเคลื่อนที่ลงสู่ภาคใต้ทำให้ปริมาณน้ำฝนภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณลดลง

ผลการวิเคราะห์มวลที่หายไปจากการเผา ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นั้นแสดงถึงปริมาณเชิงคุณภาพของอินทรีย์วัตถุ (Santisteban et al., 2004) ซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับการกระจายตัวของแอลเคนปกติสายยาว (รูปที่ 3.9) เมื่อพิจารณาความลึกจากผิวดินตะกอน ช่วงความลึกที่ 100 ถึง 78 เซนติเมตร พบว่าปริมาณของอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยสูง และสะสมตัวร่วมกับตะกอนดินเหนียว ได้รับอิทธิพลมาจากน้ำท่าปริมาณมาก สภาพแวดล้อมช่วงความลึกที่ 78 ถึง 65 เซนติเมตร มีปริมาณของอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยต่ำ อาจมีความเป็นไปได้ว่า ปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้าหนองคอนไทยขาดหายหรือมีปริมาณน้อย ช่วงความลึกที่ 65 ถึง 40 เซนติเมตร พบว่ามีปริมาณของอินทรีย์เฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นคล้ายช่วงความลึกที่ 100 ถึง 78 และมีการปะปนตะกอนขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นเป็น ตะกอนดินเหนียวปะปนทรายแป้ง แสดงให้เห็นถึงอยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน คือ มีปริมาณน้ำท่ามาก โดยพัดพาตะกอนจากบนบกลงมาสะสมตัวเพิ่ม ส่วนสภาพแวดล้อมช่วงความลึกที่ 41 ถึง 28 เซนติเมตร เป็นลักษณะตะกอนดินเหนียว ไม่มีตะกอนทรายแป้ง และปริมาณอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยน้อย แสดงถึงน้ำท่ามีปริมาณน้อย และในส่วนช่วงความลึกสุดท้ายคือ ความลึกที่ 28 ถึง 1 เซนติเมตร มีการเพิ่มขนาดของตะกอนจากตะกอนดินเหนียวเป็นตะกอนดินเหนียวปนทรายแป้ง พร้อมทั้งมีปริมาณอินทรีย์วัตถุที่เพิ่มสูงขึ้น แสดงถึงว่ามีน้ำท่าปริมาณมาก

ในส่วนช่วงบนของแท่งตะกอนพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุของมวลที่หายไปจากการเผายังคงมีปริมาณสูง แต่ในทางกลับกันค่าการกระจายตัวของแอลเคนปกติสายยาวกลับมีปริมาณลดลง ซึ่งสวนทางกันอาจเกิดจากการที่ทะเลสาบเกิดมีกลุ่มหญ้าและกกที่สานตัวเกาะกันแน่นลอยอยู่บนผิวน้ำหนาแน่นเต็ม ทำให้บดบังแสงอาทิตย์และออกซิเจนในทะเลสาบ ทำให้เกิดภาวะน้ำเน่าเสีย (John et al., 2009) จึงเกิดการย่อยสลายของสารอินทรีย์ทำ

ให้สกัดแอลเคนปกติสายสั้น กลางและยาวได้ปริมาณน้อย และจากผลการศึกษาละอองเรณู ความลึกของชั้น ตะกอนที่ 1 เซนติเมตรสกัดละอองเรณูไม่ออกเช่นกัน จึงไม่สามารถวิเคราะห์ปริมาณที่พบในชั้นความลึกนี้ได้



รูปที่ 3.9 เปรียบเทียบการวิเคราะห์ ก.) Lithostratigraphy แห่งตะกอนทะเลสาบหนองคอนไทย ข.) การกระจายตัวแอลเคนปกติ สายสั้น กลาง และยาว ค.) LOI ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส (ปริมาณอินทรีย์วัตถุ) และที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส (ปริมาณสารประกอบอินทรีย์) ง.) แสดงจำนวนละอองเรณูแต่ละชนิดที่พบใน อัตราส่วนร้อยละ และ Fungal spore

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมบริเวณหนองคอนไทย อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดชัยภูมิโดยใช้ตัวบ่งชี้เรณูวิทยาพบว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมบริเวณหนองคอนไทย เนื่องจากละอองเรณูไม่มีการเปลี่ยนแปลงชนิดของพันธุ์พืชและปริมาณอย่างมีนัยสำคัญ โดยต้นกำเนิดของละอองเรณู อินทรีย์วัตถุ และตะกอนหนองคอนไทย มีต้นกำเนิดจากน้ำท่าไหลผ่านผิวดินพาอินทรีย์วัตถุและละอองเรณูลงมาสะสมสู่หนองคอนไทย

ตะกอนหนองคอนไทยมีการสะสมปริมาณตะกอนที่รวดเร็วมาก ได้รับอิทธิพลจากน้ำท่าบนผิวดินพาพาอินทรีย์วัตถุและตะกอนเข้าสู่ทะเลสาบ จากข้อมูลปริมาณอินทรีย์วัตถุจากการวิเคราะห์มวลที่หายไปจากการเผาอุณหภูมิ 550 องศา พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงเป็นปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเป็นวัฏจักร โดยช่วงความลึกที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุจากการวิเคราะห์เฉลี่ยสูง และมีการสะสมตัวร่วมกับตะกอนดินเหนียวสีเข้ม ที่พบซากพืช ซากอินทรีย์ในเนื้อตะกอน บ่งชี้ว่าตะกอนนี้ได้รับอิทธิพลจากน้ำท่าปริมาณมากที่พาพาอินทรีย์วัตถุมาสะสมตัวในทะเลสาบ และช่วงความลึกที่มีการขาดหายไปหรือพบปริมาณอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยน้อย โดยไม่พบซากพืช ซากอินทรีย์สะสมในเนื้อตะกอน บ่งชี้ว่าตะกอนนี้ได้รับอิทธิพลจากน้ำท่าปริมาณน้อย

## เอกสารอ้างอิง

- วิฆเนศ ทรงธรรม, นุชนารถ จันทร์พิทักษ์ และผกา มาศ หลักสกุล. 2556. โครงการวิจัยซากดึกดำบรรพ์ในชั้นตะกอนบริเวณแอ่งเจ้าพระยาตอนล่าง. สถาบันวิจัยไม้กลายเป็นหินและทรัพยากรธรณีภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เฉลิมพระเกียรติ. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, 66 หน้า
- อังคาร แจ่มชื่น, 2541. เรณูวิเคราะห์สำหรับการศึกษาสภาพภูมิอากาศที่ขุดดอยอินทนนท์จังหวัดเชียงใหม่ ภาคเหนือของไทย. วิทยานิพนธ์(สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม)มหาวิทยาลัยมหิดล, 63 หน้า
- Assavapanuvat, P. 2018. Application of n-alkanes distribution records for paleoenvironmental reconstruction around lake Khon Thai, Phu Khiao district, Chaiyaphum province. Senior project. Department of Geology. Faculty of Science, Chulalongkorn University.
- Bennett., K.D & Willis., K.J. 2001. Pollen. in Last, W. M., Smol, J. P., & Birks, H. J. B. (), Tracking environmental (eds.). Tracking environmental change using lake sediments volume 3. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Chabangborn, A. and Wohlfarth, B. 2014. Climate over mainland Southeast Asia 10.5-5 Ka. *Journal of quaternary science*, 29(5), 445-454
- Chabangborn, A. 2017. Paleoclimatic assessment based on palynological and organic geochemical proxies in lake sediments in Thailand. *Burapha Science Journal*.
- Chabangborn, A. 2017. Review of Paleoclimate Reconstruction in Thailand between the Late Glacial Maximum and the Mid. *Burapha Science Journal*.
- Chawchai, S., Chabangborn, A., Kylander, M., Löwemark, L., Mörth, C.-M., Blaauw, M., Klubseang, W., Reimer, P.J., Fritz, S.C., Wohlfarth, B. 2013. Lake Kumphawapi – an archive of Holocene palaeoenvironmental and palaeoclimatic changes in northeast Thailand. *Quaternary Science Reviews*, 68, 59–75.
- Chawchai, S., Chabangborn, A., Fritz, S., Väliiranta, M., Mörth, C.-M., Blaauw, M., Reimer, P.J., Krusic, P.J., Löwemark, L., Wohlfarth, B. 2015. Hydroclimatic shifts in northeast Thailand



- during the last two millennia – the record of Lake Pa Kho. *Quaternary Science Reviews*, 111, 62–71.
- Ellison, J.C. 2008. Long-term retrospection on mangrove development using sediment cores and pollen analysis: A review. *Aquatic Botany*, 89, 93–104.
- Heiri, O.; Lotter, A. F.; and Lemcke, G. 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, 25, 101-110.
- John, C. M., Sylas, V. P., Paul, J. and Unni, K. S. 2009. Floating islands in a tropical wetland of peninsular India. *Wetlands Ecology and Management* 17: 641-653
- Kealhofer, L., & Penny, D. 1998. A combined pollen and phytolith record for fourteen thousand years of vegetation change in northeastern Thailand. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 103, 83-93.
- Koarapatchaikol, K., Yuso, Z., Kong-in, T., and Saloowao, R. 2015. Morphology, Viability and Germination in Pollen of Fifteen Flowering Plants.
- Penny, D. 2001. “A 40,000 Year Palynological Record from North-East Thailand; Implications for Biogeography and Palaeo-Environmental Reconstruction.” *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 171(3–4), 97– 128.
- Santisteban Juan I., Rosa Mediavilla, Enrique Lopez-Pamo, Cristino J. Dabrio, M. Blanca Ruiz Zapata, M. Jose Gil Garcia, Silvino Castano, and Pedro E. Martinez-Alfaro. 2004. Loss on Ignition: A Qualitative or Quantitative Method for Organic Matter and Carbonate Mineral Content in Sediments?. *Journal of Paleolimnology*, 32.3, 287-99.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปี พ.ศ.2524 - 2553

