



ความหลากหลายทางชีวภาพของไม้กลายเป็นหินในแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูโปและภูน้อย อำเภอคำ
ม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์

วิทยานิพนธ์
ของ
ภณิตตา ศรีคำภา

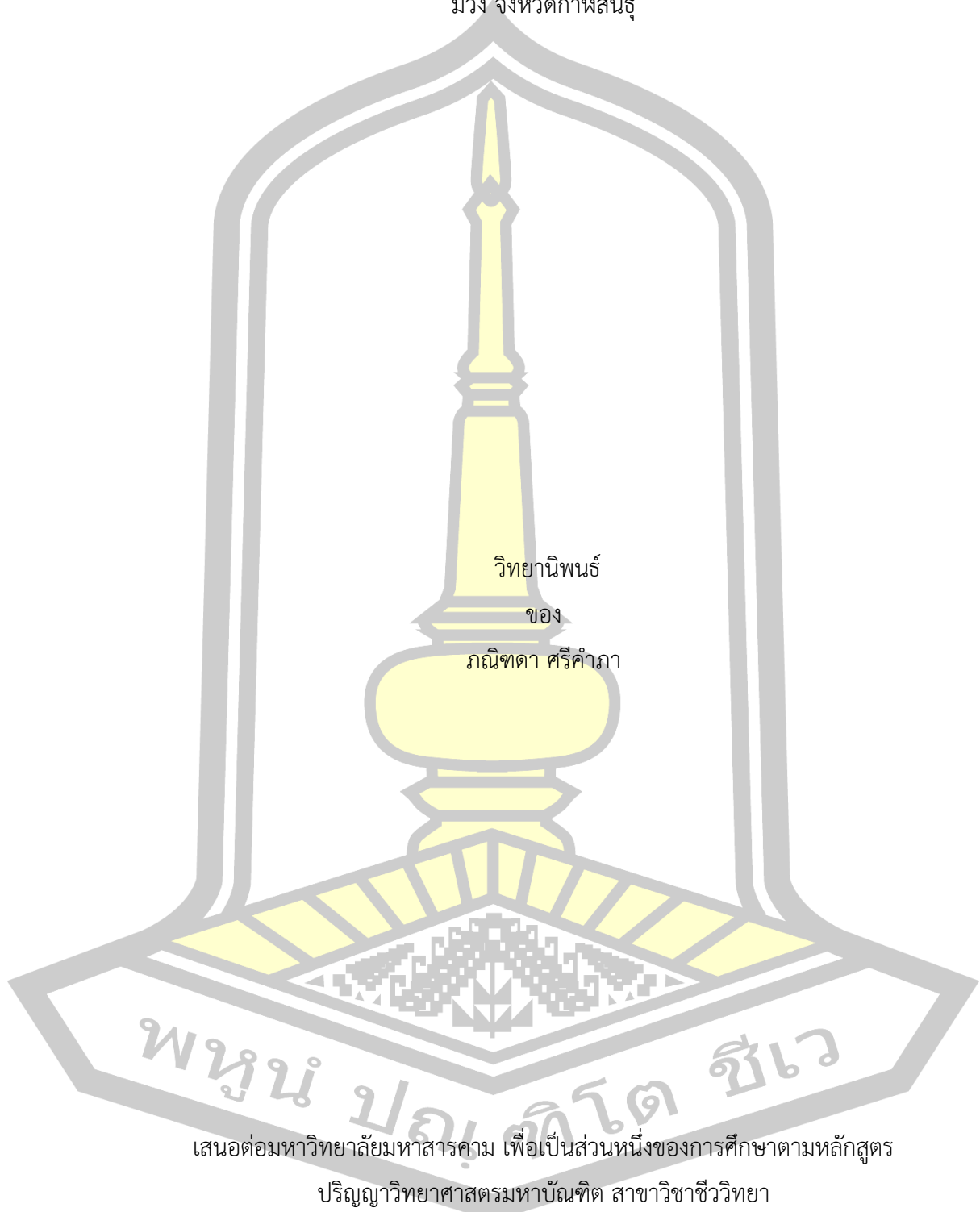
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

มิถุนายน 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ความหลากหลายทางชีวภาพของไม้กลายเป็นหินในแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูโปและภูน้อย อำเภอคำ
ม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์



เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

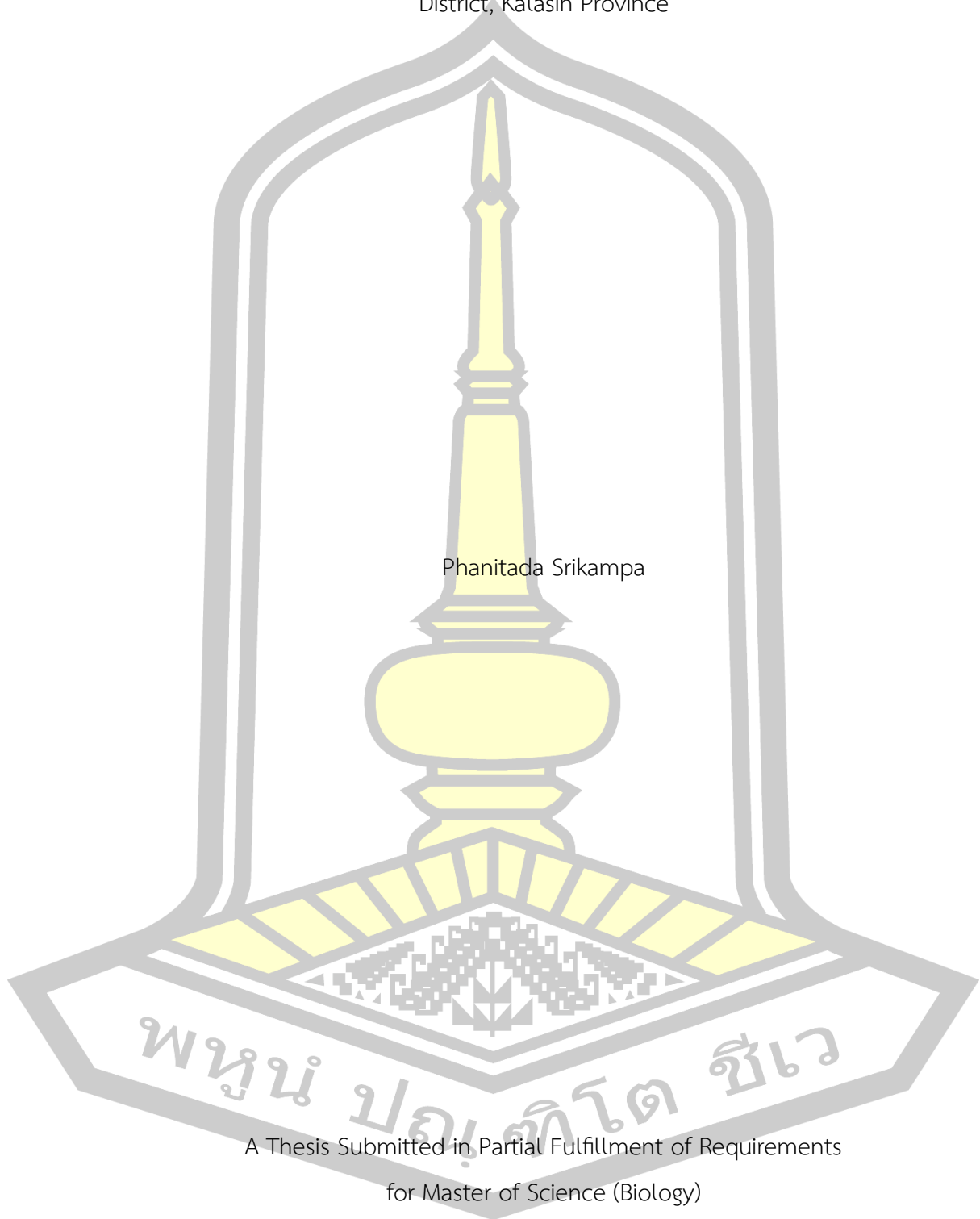
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

มิถุนายน 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Biodiversity of Petrified Woods in Phu Por and Phu Noi Fossil Sites, Kham Muang
District, Kalasin Province

Phanitada Srikampa



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Science (Biology)

June 2025

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวภณิขิตา ศรีคำภา
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(อ. ดร. วิไลลักษณ์ นาคศรี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อ. ดร. สุรเวช สุธีธร)

.....กรรมการ

(รศ. ดร. ศักดิ์บวร ตุ่มปีสุวรรณ)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. ภาสกร บุญชาลี)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(ศ. ดร. ไพโรจน์ ประมวล)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

.....
(ผศ. ดร. พลเดช เขาวรัตน์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	ความหลากหลายทางชีวภาพของไม้กลายเป็นหินในแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูโปและภูน้อย อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์		
ผู้วิจัย	ภณิศา ศรีคำภา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. สุรเวช สุธีธร		
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิชา	ชีววิทยา
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2568

บทคัดย่อ

จากการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางกายวิภาคของไม้กลายเป็นหินมหายุคมีโซโซอิก ณ แหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูโปและแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อย อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ เพื่อจำแนกชนิดและวิเคราะห์ความหลากหลายของพรรณไม้ในอดีต รวมถึงใช้เป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์อายุชั้นหินและสภาพภูมิอากาศบรรพกาลของพื้นที่ศึกษา ซึ่งดำเนินการวิจัยโดยเก็บตัวอย่างไม้กลายเป็นหินจำนวน 13 ตัวอย่าง และตัดแผ่นบาง (thin sections) เพื่อวิเคราะห์ลักษณะกายวิภาคภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง การจัดจำแนกตามรูปร่างโดยอ้างอิงเกณฑ์ของ Philippe และ Bamford (2008) จากผลการวิจัยพบว่ามีไม้กลายเป็นหิน 2 สกุล ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มที่มีหลุมผนังเซลล์แบบ araucarian สกุล *Agathoxylon* จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ *Agathoxylon* sp.1 *Agathoxylon* sp.2 และ *Agathoxylon* sp.3 และสกุล *Shimakuroxylon* จำนวน 1 ชนิด คือ *Shimakuroxylon Japonicum* ข้อมูลวิเคราะห์ชั้นหินและการกระจายตัวทางภูมิศาสตร์จากการค้นพบ *Shimakuroxylon* บ่งชี้ว่าอายุของภูโปและภูน้อยอยู่ในยุคจูแรสสิกตอนปลายถึงครีเทเชียสตอนต้น นอกจากนี้ลักษณะของวงปีของไม้กลายเป็นหินทั้ง 2 สกุล ยังสามารถอนุมานเบื้องต้นถึงความสัมพันธ์กับสภาพอากาศยุคดึกดำบรรพ์ของภูโปและภูน้อยในช่วงยุคจูแรสสิกตอนปลายถึงครีเทเชียสตอนต้น ว่ามีสภาพอากาศที่ค่อนข้างเปียกชื้นสลับกับมีฤดูแล้งเป็นเวลานาน ๆ

คำสำคัญ : *Agathoxylon*, *Shimakuroxylon*, ซากดึกดำบรรพ์ไม้, กลุ่มหินโคราช, จูแรสสิกตอนปลาย-ครีเทเชียสตอนต้น

TITLE Biodiversity of Petrified Woods in Phu Por and Phu Noi Fossil Sites,
Kham Muang District, Kalasin Province

AUTHOR Phanitada Srikampa

ADVISORS Suravech Suteethorn , Ph.D.

DEGREE Master of Science **MAJOR** Biology

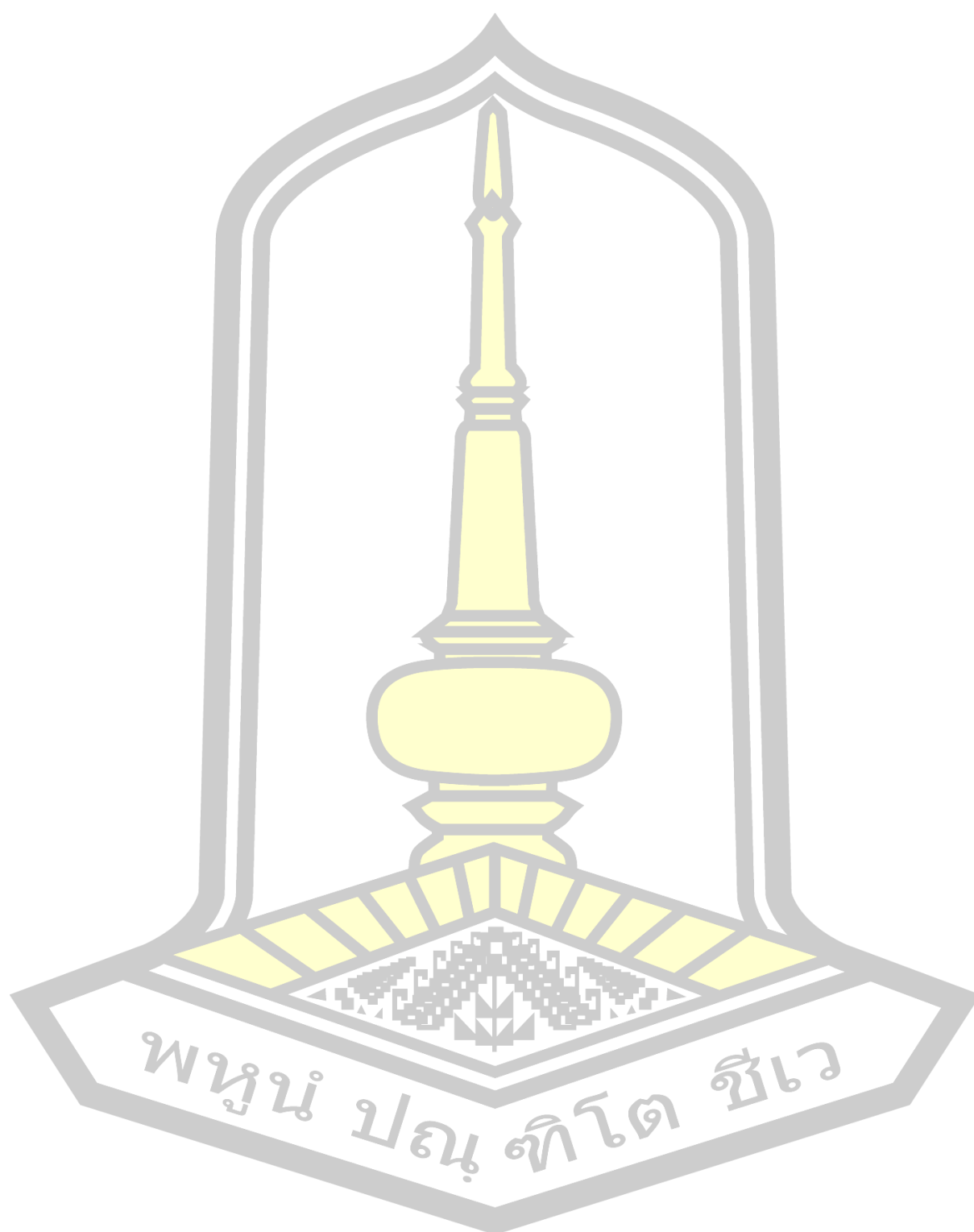
UNIVERSITY Mahasarakham **YEAR** 2025
University

ABSTRACT

This study investigates the anatomical characteristics of Mesozoic petrified wood from two fossil localities; Phu Por and Phu Noi, Kham Muang District, Kalasin Province, northeastern part of Thailand. The objective purposed to petrified wood classification for assessing palaeobotanical diversity, and providing supporting data for interpreting the stratigraphic age and paleoclimatic conditions of the region's stratigraphic age and paleoclimatic conditions. All 13 petrified wood samples were collected and prepared as thin sections for observation under a transmitted light microscope. Taxonomic identification was based on the morphological criteria of Philippe and Bamford (2008). The results revealed two fossil wood genera belonging to the araucarian type: three species within the genus *Agathoxylon* (i.e., *Agathoxylon* sp.1, sp.2, and sp.3), and one species within the genus *Shimakuroxylon* (i.e., *Shimakuroxylon japonicum*). The stratigraphy and paleogeographic evidence derived from the occurrence of *Shimakuroxylon*, which could be used to estimate the fossil-bearing strata at both sites, are likely dated to the Late Jurassic to Early Cretaceous. The growth ring patterns observed in some specimens indicate a paleoclimate characterized by seasonally wet conditions alternating with short dry periods, consistent with a subtropical to warm-temperate climate regime during that time.

Keyword : *Agathoxylon*, *Shimakuroxylon*, fossil wood, Khorat Plateau, Late Jurassic -

Early Cretaceous



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือและคำปรึกษาจาก อาจารย์ ดร. สรุเวช สุธีธร อาจารย์ที่ปรึกษา ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ นาคศรี รองศาสตราจารย์ ดร. ศักดิ์ บวร ต้มปีสุวรรณ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาสกร บุญชาติ สำหรับคำแนะนำและร่วมเป็นกรรมการ ในการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณ ภาควิชาชีววิทยา คณะ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ศูนย์วิจัยและการศึกษาบรรพชีวินวิทยา มหาวิทยาลัย มหาสารคาม คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนิสิต ที่ให้ความช่วยเหลือและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ศึกษาวิจัยใน อนาคต

ภณิตดา ศรีคำภา



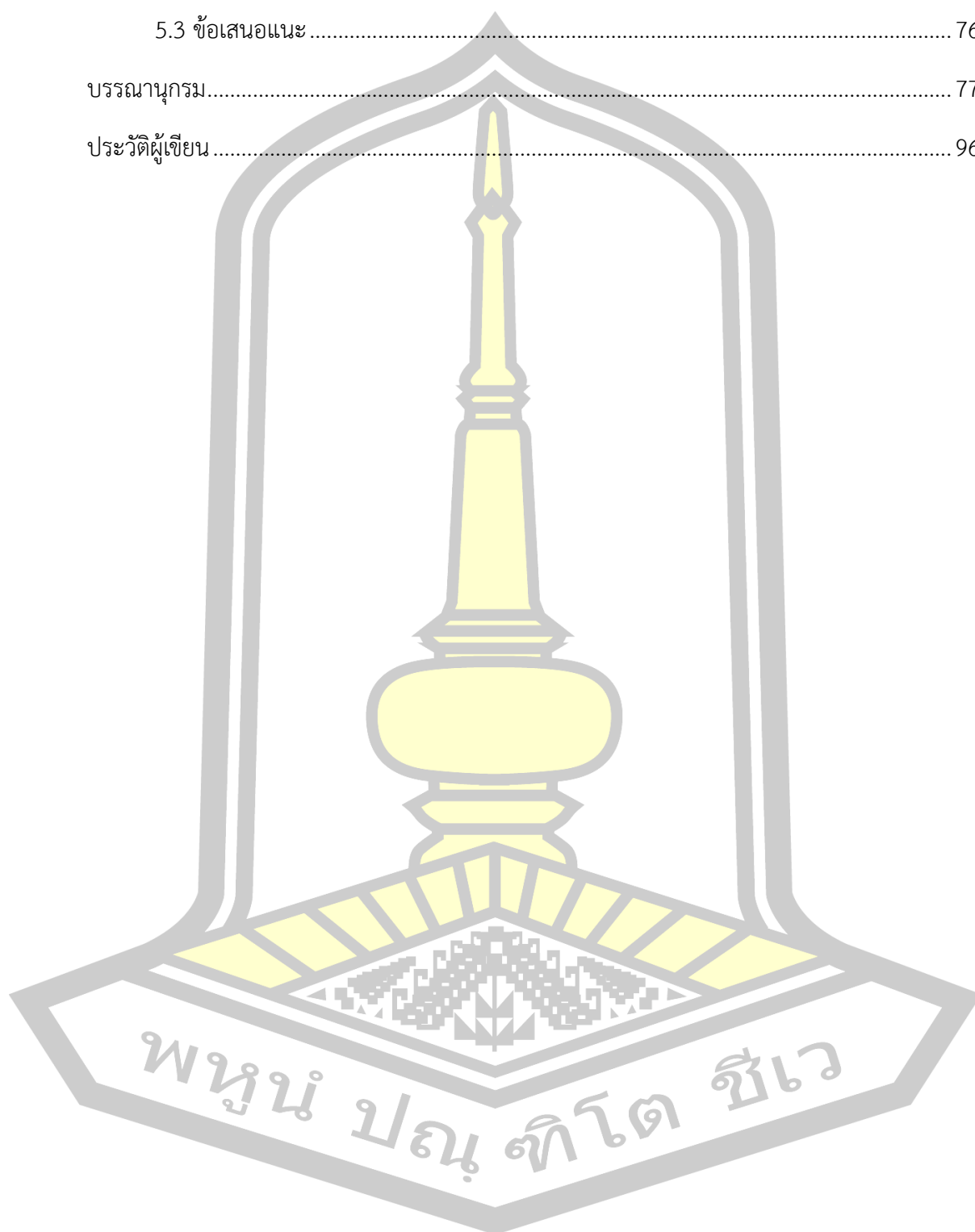
สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่ 1	1
ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.1 หลักการและเหตุผล.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.4 สถานที่ในการทำวิจัย.....	2
1.5 ระยะเวลาในการทำวิจัย.....	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
1.7 คำอธิบายอักษรย่อ.....	5
บทที่ 2	6
เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 กระบวนการเกิดไม่กลายเป็นหิน.....	6
2.2 พืชเมล็ดเปลี่ยนและกายวิภาคเนื้อไม้ของพืชเมล็ดเปลี่ยน.....	7
2.2.1 พืชเมล็ดเปลี่ยน.....	7
2.2.2 กายวิภาคเนื้อไม้ของพืชเมล็ดเปลี่ยน.....	10

2.2.3 การตรวจสอบเอกลักษณ์ไม้กลายเป็นหินตามเกณฑ์ IAWA	12
2.3 การจำแนกไม้กลายเป็นหินกลุ่มพืชเมล็ดเปลือย	14
2.3.1 การจำแนกไม้กลายเป็นหิน	14
2.3.2 การตั้งชื่อไม้กลายเป็นหิน	15
2.3.3 รูปวิธานการจำแนกไม้กลายเป็นหินมหายุคมีโซโซอิก	15
2.3.4 ไม้กลายเป็นหินสกุลที่โดดเด่นในมหายุคมีโซโซอิก.....	16
2.4 ธรณีวิทยาในพื้นที่วิจัย	24
2.5 พื้นที่วิจัย.....	27
2.5.1 สภาพแวดล้อมและสังคมป่าไม้ในพื้นที่วิจัย	27
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
2.6.1 การศึกษาซากดึกดำบรรพ์พืชในประเทศไทย	29
2.6.2 การศึกษาไม้กลายเป็นหินมหายุคมีโซโซอิกในประเทศไทย.....	31
2.6.3 การศึกษาไม้กลายเป็นหินในต่างประเทศ.....	33
2.6.4 การศึกษาบรรพชีวินในพื้นที่วิจัย.....	35
บทที่ 3	37
วิธีการดำเนินงานวิจัย	37
3.1 การเก็บตัวอย่าง.....	37
3.1.1 ภาคสนาม.....	37
3.2 การเตรียมตัวอย่างในการศึกษา	42
3.2.1 การเตรียมสไลด์ไม้กลายเป็นหิน	42
3.2.2 การเตรียมสไลด์ไม้ปัจจุบัน.....	44
3.3 การจำแนกไม้กลายเป็นหิน	46
บทที่ 4	47
ผลการวิจัย.....	47

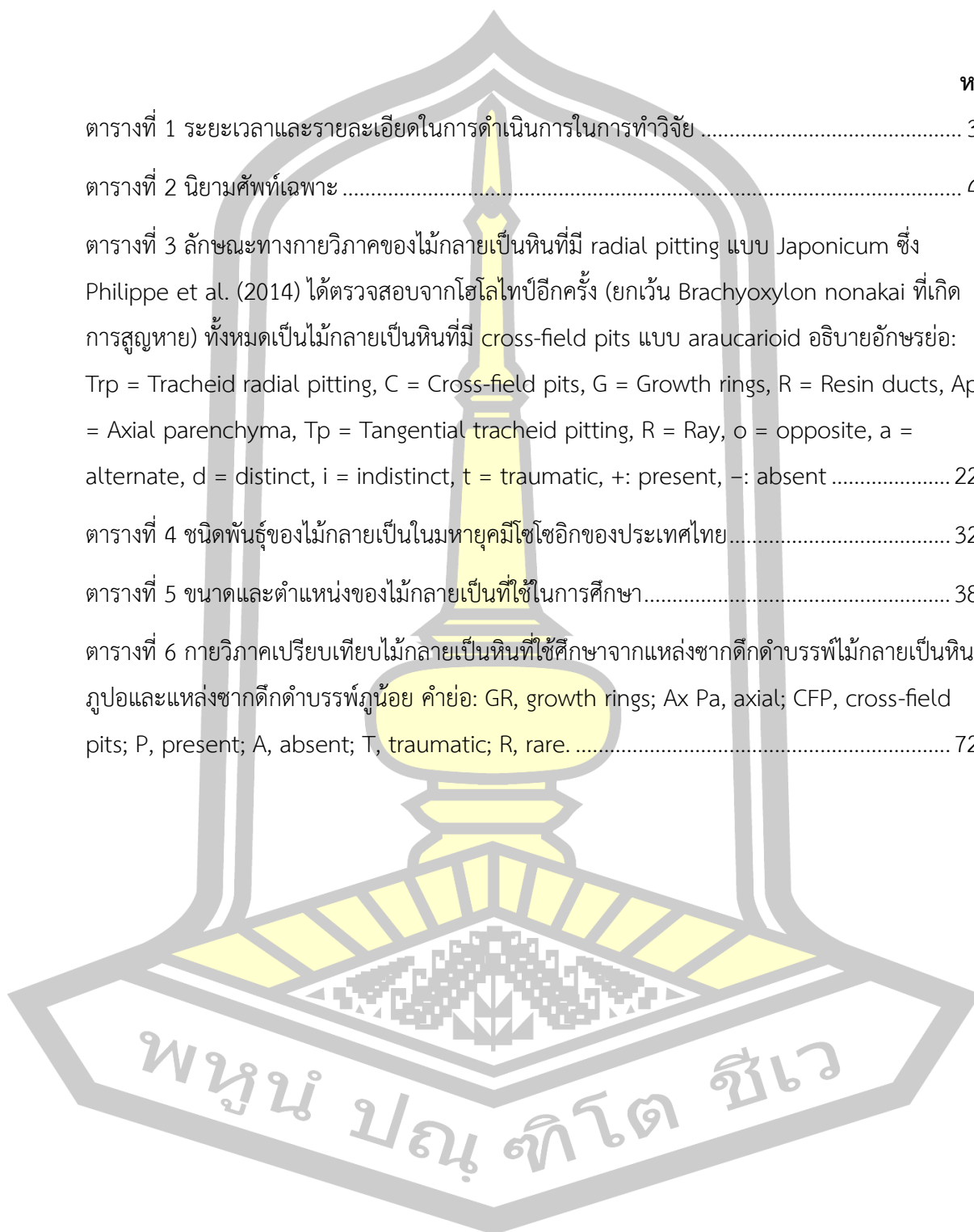
4.1 ลำดับทางอนุกรมวิธาน	47
4.2 การจำแนกไม้กลายเป็นหิน	48
4.2.1 PP-17-1.....	48
4.2.2 PP-17-2.....	48
4.2.3 PP-17-3.....	49
4.2.4 PP-19-1.....	51
4.2.5 PP-19-2.....	53
4.2.6 PP-19-3.....	55
4.2.7 PP-19-4.....	57
4.2.8 PP-19-5.....	59
4.2.9 PP-19-6.....	61
4.2.10 PP-19-9.....	63
4.2.11 KS34-924.....	65
4.2.12 PN-1.....	67
4.2.13 PN-2.....	69
4.3 ลักษณะร่วมของไม้กลายเป็นหินในพื้นที่ศึกษา	71
4.3.1 Agathoxylon sp.1	71
4.3.2 Agathoxylon sp.2	71
4.3.3 Agathoxylon sp.3	71
4.3.4 Shimakuroxylon japonicum	72
4.4 การอนุমানสภาพภูมิอากาศ.....	73
บทที่ 5	74
สรุปและอภิปรายผลการศึกษา.....	74
5.1 อายุของแหล่งซากดึกดำบรรพ์	75

5.2 สภาพภูมิอากาศบรรพกาล.....	75
5.3 ข้อเสนอแนะ	76
บรรณานุกรม.....	77
ประวัติผู้เขียน.....	96



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ระยะเวลาและรายละเอียดในการดำเนินการในการทำวิจัย	3
ตารางที่ 2 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายวิภาคของไม้กลายเป็นหินที่มี radial pitting แบบ Japonicum ซึ่ง Philippe et al. (2014) ได้ตรวจสอบจากโฮโลไทป์อีกครั้ง (ยกเว้น Brachyoxylon nonakai ที่เกิดการสูญหาย) ทั้งหมดเป็นไม้กลายเป็นหินที่มี cross-field pits แบบ araucarioid อธิบายอักษรย่อ: Trp = Tracheid radial pitting, C = Cross-field pits, G = Growth rings, R = Resin ducts, Ap = Axial parenchyma, Tp = Tangential tracheid pitting, R = Ray, o = opposite, a = alternate, d = distinct, i = indistinct, t = traumatic, +: present, -: absent	22
ตารางที่ 4 ชนิดพันธุ์ของไม้กลายเป็นหินในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ของประเทศไทย.....	32
ตารางที่ 5 ขนาดและตำแหน่งของไม้กลายเป็นหินที่ใช้ในการศึกษา.....	38
ตารางที่ 6 กายวิภาคเปรียบเทียบไม้กลายเป็นหินที่ใช้ศึกษาจากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหิน ภูโปและแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อย คำย่อ: GR, growth rings; Ax Pa, axial; CFP, cross-field pits; P, present; A, absent; T, traumatic; R, rare.	72



สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ค้นพบผลอ่อนของแปะก๊วยชนิดใหม่ จากหมวดหิน Yixian สาธารณรัฐประชาชนจีน.....	10
ภาพที่ 2 กายวิภาคของเนื้อไม้พืชเมล็ดเปลี่ยน ด้านซ้ายแสดงแต่ละด้านของเนื้อไม้ที่ใช้ศึกษา (Rost et al., 1984) ด้านขวาแสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์ของไม้กลายเป็นหินจากเทคนิคการทำแผ่นหินบาง อักษรย่อ: X = cross section, T = tangential section, R = radial section	11
ภาพที่ 3 แสดงรูปแบบของ cross-field pits ในภาคการตัดตามแนวรัศมีของสนปัจจุบันจากรายงานของ IAWA; A = window-like, B = pinoid, C = piceoid, D = cupressoid, E = taxodioid และ F = araucarioid; มาตรฐานรูปภาพ: A, B, D, E, F = 50 μ m; C = 20 μ m. (IAWA Committee, 2004).....	14
ภาพที่ 4 แสดงการกระจายทางภูมิศาสตร์ของไม้กลายเป็นหินสกุล Agathoxylon (Agathoxylon Hartig, 1848 ใน (GBIF Global Biodiversity Information Facility, 2023a).....	17
ภาพที่ 5 แสดงกายวิภาคของไม้กลายเป็นหิน Agathoxylon santalense	17
ภาพที่ 6 แสดงการกระจายทางภูมิศาสตร์ของไม้กลายเป็นหินสกุล Brachyoxylon Hollick & Jeffrey, 1909 ใน (GBIF Global Biodiversity Information Facility, 2023b).....	18
ภาพที่ 7 แสดงกายวิภาคของไม้กลายเป็นหิน Brachyoxylon holbavicum.....	19
ภาพที่ 8 แสดง radial pitting แบบ japonicum ซึ่งมีลักษณะเป็น biseriate opposite	20
ภาพที่ 9 แสดงกายวิภาคของไม้กลายเป็นหิน Shimakuroxylon japonicum	21
ภาพที่ 10 แสดงการกระจายทางภูมิศาสตร์ของไม้กลายเป็นหินสกุล Xenoxylon Gothan, 1905 ใน (GBIF Global Biodiversity Information Facility, 2023c).....	23
ภาพที่ 11 แสดงกายวิภาคของไม้กลายเป็นหิน Xenoxylon phyllocladoides Gothan.....	23
ภาพที่ 12 ลำดับชั้นหินและการสะสมของตะกอนนมหายุคมีโซโซอิก ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือประเทศไทย (Racey & Goodall, 2009)	25
ภาพที่ 13 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดกาฬสินธุ์; SM = พิพิธภันท์สิรินธร	26

ภาพที่ 14 แผนที่ภูมิประเทศแสดงแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินรูปอและแหล่งขุดค้นภูน้อย อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ (ดัดแปลงจาก: กรมแผนที่ทหาร, 2551).....	27
ภาพที่ 15 แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศแสดงแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินรูปอและแหล่งขุดค้น ภูน้อย อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ พิกัด 16°55'41.23"N, 103°42'15.44"W ความสูงระดับ สายตา 5.72 กม. (Google Earth Pro, 2020)	28
ภาพที่ 16 ทางเข้าแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินรูปอ พ.ศ. 2561 (ภาพโดยศุภณัฐ บุตรราช) 28	
ภาพที่ 17 ภาพถ่ายทางอากาศแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อยด้วยอากาศยานไร้คนขับ	29
ภาพที่ 18 จำนวนชนิดที่พบเมื่อเทียบกับเวลาของไม้กลายเป็นหินสกุล Araucarioxylon (สี่เหลี่ยม ข้าวหลามตัด), Dadoxylon (สี่เหลี่ยมจัตุรัส) และ Agathoxylon (สามเหลี่ยม) (Philippe, 2011) 34	
ภาพที่ 19 แหล่งซากดึกดำบรรพ์รูปอและภูน้อย, ประเทศไทย.16°55'42.16"N, 103°42'03.38"W, ความสูงระดับสายตา 5.36 กม. (ดัดแปลงจาก: (Google Earth Pro, 2020)).....	39
ภาพที่ 20 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-1.....	39
ภาพที่ 21 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-2.....	40
ภาพที่ 22 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-3.....	40
ภาพที่ 23 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-4.....	40
ภาพที่ 24 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-5.....	41
ภาพที่ 25 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-6.....	41
ภาพที่ 26 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-9.....	41
ภาพที่ 27 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในปฏิบัติการไม้กลายเป็นหิน A. เครื่องตัดหินใหญ่, B. เครื่องตัด หินเล็ก, C. (ซ้าย) เครื่องขัดหิน และ (ขวา) เครื่องแฉลบ, D. พังซีลิกอนคาร์ไบด์ แคนดาดับลัม และ เทอร์โมพลาสติก, E. ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินที่กำหนดแนวตัดไว้แล้ว และที่ตัดให้มีขนาดเท่ากับแผ่น สไลด์, E. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	43
ภาพที่ 28 แผนภาพแสดงตัวอย่างจำนวนชั้นของสไลด์ไม้กลายเป็นหิน.....	43
ภาพที่ 29 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมสไลด์ไม้กลายเป็นหิน	44
ภาพที่ 30 ขั้นตอน อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในปฏิบัติการไม้ปัจจุบัน A. ตัวอย่างไม้ B. ตัวอย่างไม้ ต้มในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิร้อนจัด C. ตัดตัวอย่างไม้ด้วยเครื่องมือโครโมรุ่น MICROM HM 430 D.	

ชิ้นตัวอย่างไม้ที่ตัดแล้วแช่ด้วยสีซาฟรานิน E. เลือกชิ้นตัวอย่างที่สมบูรณ์ และตัดให้ได้ขนาดประมาณ 0.5x0.5 ซม. F. สไลด์ไม้ที่ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์แล้ว.....	45
ภาพที่ 31 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมสไลด์ไม้ปัจจุบัน.....	46
ภาพที่ 32 กายวิภาคของ PP-17-1, PP-17-2 และ PP-17-3 cf. <i>Agathoxylon</i> sp. A. ตัวอย่าง PP-17-1 วงปีชัดเจน B. ตัวอย่าง PP-17-2 วงปีไม่ชัดเจน C. ตัวอย่าง PP-17-1 แสดงเรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว D. ตัวอย่าง PP-17-3 แสดงหลุมผนังเซลล์ E. ตัวอย่าง PP-17-3 แสดงหลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวอยู่รวมกัน และหลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว F. ตัวอย่าง PP-17-3 แสดงหลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว รูปร่างหลายเหลี่ยมเรียงสลับ G. ตัวอย่าง PP-17-3 แสดง cross-field pits แบบ araucarioid ขนาดสเกล: A, B = 200 μ m; C, D = 100 μ m; E = 50 μ m; F, G = 20 μ m.....	50
ภาพที่ 33 กายวิภาคของ <i>Agathoxylon</i> sp.1 (PP-19-1) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูปอ A. ไม้พบวงปี B. เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว ตรงปลายเรย์แบบเรียบ C, D. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถว มีรูปร่างกลม; หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถวเรียงตรงข้าม E. ฟองอากาศที่เกิดจากสารประกอบอะโรมาติกของน้ำมันในพืช F, G. Cross-field pits แบบ araucarioid ขนาดสเกล: A = 200 μ m; B, C = 100 μ m; D, E = 20 μ m; F, G = 10 μ m.....	52
ภาพที่ 34 กายวิภาคของ <i>Agathoxylon</i> sp.1 (PP-19-2) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูปอ A. วงปีไม่ชัดเจน B. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว และหลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวอยู่รวมกัน (ลูกศร) C. หลุมผนังเซลล์ส่วนใหญ่เรียงเป็นแถว 1 แถว D. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวอยู่รวมกัน (ลูกศร) E. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว F, G. ภาควัสดุตัดตามแนวรัศมีแสดง Cross-field pits แบบ cupressoid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A = 200 μ m; B, C = 100 μ m; D, E, F, G = 20 μ m.....	54
ภาพที่ 35 กายวิภาคของ <i>Agathoxylon</i> sp.2 (PP-19-3) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูปอ A. วงปีชัดเจน B. เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว และ 1 และ 2 แถวรวมกัน C. เรย์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวอยู่รวมกัน (ลูกศร) D. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว E. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว แบบเรียงสลับ F. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวอยู่รวมกัน แบบเรียงตรงข้าม G, H. Cross-field pits แบบ araucarioid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A, B และ G = 200 μ m; H = 100 μ m; C, D, E และ F = 20 μ m.	56
ภาพที่ 36 กายวิภาคของ <i>Agathoxylon</i> sp.2 (PP-19-4) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูปอ A. วงปีชัดเจน B. เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว C. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว และ 2 แถว	

แบบเรียงตรงข้าม D. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวรวมกัน แบบเรียงตรงข้าม E. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว แบบเรียงสลับรูปร่างหลายเหลี่ยม F. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว เรียงสลับรูปร่างกลมถึงรูปไข่ G. Cross-field pits แบบ araucarioid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A และ B = 200 μm ; C, D, E, F และ G = 20 μm 58

ภาพที่ 37 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp.1 (PP-19-5) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินกุปอ A. วงปีไม่ชัดเจนหรือไม่พบวงปี B. เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว C, D. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว E. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวอยู่รวมกัน เรียงด้านตรงข้าม และหลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว ด้านตรงข้าม F. Cross-field pits แบบ araucarioid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A = 200 μm ; B และ C = 50 μm ; D, E และ F = 20 μm 60

ภาพที่ 38 กายวิภาคของ cf. *Agathoxylon* sp. (PP-19-6) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินกุปอ A. วงปีไม่ชัดเจน (ลูกศร) B. แสดงหลุมผนังเซลล์และ cross-field pits C. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว D. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวอยู่รวมกัน E. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว เรียงตรงข้าม F. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว เรียงสลับ G. Cross-field pits แบบ araucarioid ขนาดสเกล: A = 200 μm ; B = 100 μm ; C, D, E และ G = 20 μm ; F = 10 μm 62

ภาพที่ 39 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp.2 (PP-19-9) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินกุปอ A. วงปีไม่ชัดเจน (ลูกศร) B. เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว ส่วนปลายเรย์เห็นไม่ชัดเจน C. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว และหลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวอยู่รวมกัน แบบเรียงสลับ (ลูกศร) D. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวอยู่รวมกัน แบบเรียงตรงข้าม E. Cross-field pits แบบ araucarioid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A, B = 100 μm ; C, D, E = 20 μm 64

ภาพที่ 40 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp.3 (KS34-924) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินน้อย A. วงปีชัดเจน B. เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว C. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และพบ cross-field pits อยู่เรียงกันเป็นแถบไขว้ผ่านเรย์ D. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว รูปร่างหลายเหลี่ยมเรียงสลับ E. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว เรียงตรงข้าม F. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถว G. Cross-field pits แบบ cupressoid ขนาดสเกล: A, B และ C = 200 μm ; D, E, F และ G = 20 μm 66

ภาพที่ 41 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp.1 (PN-1) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินน้อย A. วงปีไม่ชัดเจน B. เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว C. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว D. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็น

แถว 1 แถว และ cross-field pits แบบ araucarioid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A = 200 μm ; B = 100 μm ; C และ D = 20 μm 68

ภาพที่ 42 กายวิภาคของ *Shimakuroxylon japonicum* (PN-2) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ญี่ปุ่น

A. วงปีชัดเจนพบท่อน้ำยาง (ลูกศร) B. เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว และเรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวอยู่
รวมกัน C. หลุมผนังเซลล์ และ cross-field pits D. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว แบบ

japonicum E. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว รูปร่างหลายเหลี่ยมเรียงสลับ F. Cross-field pits
แบบ cupressoid G. ท่อน้ำยาง (ลูกศร) ขนาดสเกล: C = 200 μm ; A และ B = 100 μm ; G = 50 μm ; D, E และ F = 20 μm 70



บทที่ 1

ที่มาและความสำคัญ

1.1 หลักการและเหตุผล

ไม้กลายเป็นหิน (petrified wood) เป็นซากดึกดำบรรพ์พืชที่มีความสำคัญ เพราะเซลล์ที่พบในเนื้อไม้มีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ดังนั้นการศึกษากายวิภาคของไม้กลายเป็นหินเปรียบเทียบกับพืชยุคปัจจุบัน จึงสามารถอธิบายถึงความเปลี่ยนแปลงทางด้านพฤกษภูมิศาสตร์บรรพกาล (palaeophytogeography) และสภาพแวดล้อมในอดีตได้ ทั้งยังสามารถใช้บ่งชี้ถึงเอกลักษณ์ของพืชแต่ละกลุ่มได้ นอกจากนี้ลักษณะเหล่านี้ยังสามารถแสดงความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการได้เช่นกัน

การศึกษาซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินในมหายุคมีโซโซอิกของประเทศไทยมีน้อยมาก ทั้งที่มีการรายงานการค้นพบไม้กลายเป็นหินอย่างต่อเนื่อง ส่วนใหญ่มีเพียงการศึกษาจากผู้เชี่ยวชาญชาวต่างประเทศ รายงานการค้นพบไม้กลายเป็นหินในยุคจูแรสซิก หมวดหินภูกระดึง กลุ่มหินโคราช ตั้งแต่ปี 1973 พบ *Araucarioxylon* sp. กลุ่มพืชเมสสิคเปล็ยวงศ์ Araucariaceae ที่จังหวัดกาฬสินธุ์ (Asama 1973) นอกจากนี้ยังมีการสำรวจซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินกลุ่มหินโคราชจากหลายจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดกาฬสินธุ์ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดขอนแก่น จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดยโสธร จังหวัดอุดรธานี จังหวัดมุกดาหาร และจังหวัดสกลนคร ชนิดที่พบได้แก่ *Agathoxylon saravanensis* (Serra) Philippe et al. (Araucariaceae) *Brachyoxylon orientale* (Serra) Philippe et al. (Pinaceae) *Brachyoxylon serrae* Philippe et al. (Pinaceae) *Shimakuroxylon japonicum* (Shimakura) Philippe, Boura, Oh et Pons (Pinaceae) *Xenoxylon phyllocladoides* Gothan (Pinaceae) เป็นต้น (Philippe et al., 2004; Boonchai et al., 2020)

แหล่งไม้กลายเป็นหินภูปอ มีไม้กลายเป็นหินกระจายอยู่ทั่วบริเวณภูเขา ซึ่งเป็นบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อยที่มีการพบไดโนเสาร์มากกว่า 3 ชนิด รวมถึงสัตว์ร่วมยุค เช่น ตะโขง เต่า ปลากระดูกแข็ง และฉลามน้ำจืด สันคมพืชปัจจุบันที่พบบริเวณภูปอและภูน้อยเป็นป่าเบญจพรรณหรือป่าผลัดใบผสม (mixed deciduous forest) หากมีการศึกษาลักษณะทางกายภาพและชีวภาพของไม้กลายเป็นหินจากทั้งแหล่งภูปอและภูน้อยอย่างเป็นระบบ ย่อมสามารถจำแนกชนิดไม้กลายเป็นหินที่พบได้อย่างชัดเจน และยังสามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการอนุมานถึงสภาพแวดล้อมและภูมิอากาศในอดีตที่ไดโนเสาร์และสัตว์ร่วมยุคอาศัยอยู่ การศึกษาดังกล่าวไม่

เพียงแต่จะช่วยเพิ่มพูนองค์ความรู้เกี่ยวกับไม้กลายเป็นหินในประเทศไทย แต่ยังมีศักยภาพในการพัฒนาแหล่งศึกษาให้กลายเป็นพื้นที่อนุรักษ์หรือแหล่งท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติที่มีคุณค่า แม้ว่าในช่วงที่ผ่านมา ประเทศไทยจะมีการศึกษาซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินจากยุคมีโซโซอิกมาอย่างต่อเนื่อง แต่ยังไม่มีพื้นที่ใดที่ได้รับการพัฒนาอย่างเหมาะสมให้เป็นแหล่งเรียนรู้หรือแหล่งท่องเที่ยวทางธรณีวิทยาโดยเฉพาะ ด้วยเหตุนี้ ภูปอและภูน้อยจึงเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงทั้งในเชิงวิชาการและการพัฒนาท้องถิ่นในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อจำแนกชนิดไม้กลายเป็นหินที่พบในแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูปอ และแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อย อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์
2. เพื่ออนุมานถึงสภาพแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศบรรพกาลของภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ไดโนเสาร์และสัตว์ร่วมยุคเคยอาศัยอยู่ได้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีองค์ความรู้เพิ่มเติมด้านไม้กลายเป็นหินจากมหายุคโซโซอิกของประเทศไทย
2. เพิ่มความเข้าใจสภาพแวดล้อมบรรพกาลและความหลากหลายทางชีวภาพของป่าไม้ยุคมีโซโซอิกของประเทศไทย
3. มีบทความวิจัยตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลเพื่อนำมาพัฒนาแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูปอและภูน้อยให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวทางนิเวศวิทยาระดับชาตินานาชาติ

1.4 สถานที่ในการทำวิจัย

ภาคสนาม ณ แหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูปอ บ้านคำสมบูรณ์ ตำบลนาบอน อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ และแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อย ตำบลดินจี่ อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์

ทำปฏิบัติการ ณ ศูนย์วิจัยและการศึกษาบรรพชีวินวิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

ตารางที่ 2 นิยามศัพท์เฉพาะ

ภาษาอังกฤษ	ภาษาไทย	นิยาม
Axial parenchyma	พาเรงคิมาแนวแกน	เป็นพาเรงคิมาที่แต่ละเซลล์เรียงต่อกันขนานกับแนวแกนของโครงสร้างพืช หรือขนานไปกับความยาวของลำต้นหรือราก (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2560)
Cross-field	-	คำที่ใช้เรียกสปีเกลียมพื้นผ้าที่เกิดจากผนังของเนื้อเยื่อแนวรัศมีและพาเรงคิมาแนวแกนที่เห็นในภาคตัดตามแนวรัศมี ใช้สำหรับสนเป็นหลัก (IAWA, 1964)
Cross-field pits; Pitting, cross-field	-	หลุมที่เกิดขึ้นในรูปสปีเกลียมพื้นผ้าที่เกิดจากผนังของเนื้อเยื่อแนวรัศมีและผนังของพาเรงคิมาแนวแกน หมายเหตุ: คำนี้ใช้เรียกในสนโดยเฉพาะ (IAWA, 1964)
Cross section; Transection; Transverse section	ภาคตัดตามขวาง	ด้านที่อยู่ในแนวขวางกับแกนยาวกับลำต้น (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2560)
Helical thickenings	ลวดลายผนังเทรคิตแบบเกลียว	ลวดลายบนผนังเทรคิตแบบเกลียว ลวดลายแบบนี้อาจเกิดขึ้นได้ทั้งเทรคิตในแนวยาวและเรย์ IAWA, 1964
Pit	หลุมผนังเซลล์	ส่วนที่เป็นแอ่งเล็ก ๆ พบตามผนังเซลล์ทุติยภูมิลึกลงไปจนถึงผนังเซลล์ปฐมภูมิ เนื่องจากไม่มีการสะสมสารลิกนินบนผนังเซลล์ปฐมภูมิในขณะที่มีการสร้างผนังเซลล์ทุติยภูมิ ทำให้เป็นหลุม (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2560)
Radial section	ภาคตัดตามแนวรัศมี	ด้านที่ตัดตามแนวของเรย์ (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2560)
Ray	เรย์, เนื้อเยื่อแนวรัศมี	เนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์ที่เรียงเป็นแถวมีส่วนสูงและกว้างต่าง ๆ กัน สร้างโดยเซลล์กำเนิดในแคมเปียมต่อลำเลียงและขยายออกไปเป็นแนวรัศมีของไซเล็มทุติย

ภาษาอังกฤษ	ภาษาไทย	นิยาม
		ภูมิและโพลีเอมทูติยภูมิ (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2560)
Tangential section	ภาคตัดขนานเส้นสัมผัส	ด้านที่ตั้งฉากกับเรย์ยาวไปตามแนวแกนของลำต้น (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2560)
Tracheid	เทรคีด	เซลล์ชนิดหนึ่งของไซเล็มที่มีรูปร่างยาว ปลายเรียว ผนังเซลล์ทุติยภูมิหนา ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและให้ความแข็งแรงแก่พืช พบมากในพืชเมล็ดเปลือย (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2560)
Seriate	เรียงเป็นแถว, เรียงเป็นชั้น	ลักษณะที่ส่วนต่าง ๆ ของพืชเรียงห่างกันเป็นช่วง เช่น การเรียงตัวเป็นแถวของเมล็ดสะตอ การเรียงตัวเป็นชั้นของกลีบดอกลำดวน (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2560)

1.7 คำอธิบายอักษรย่อ

IAWA หมายถึง International Association of Wood Anatomists

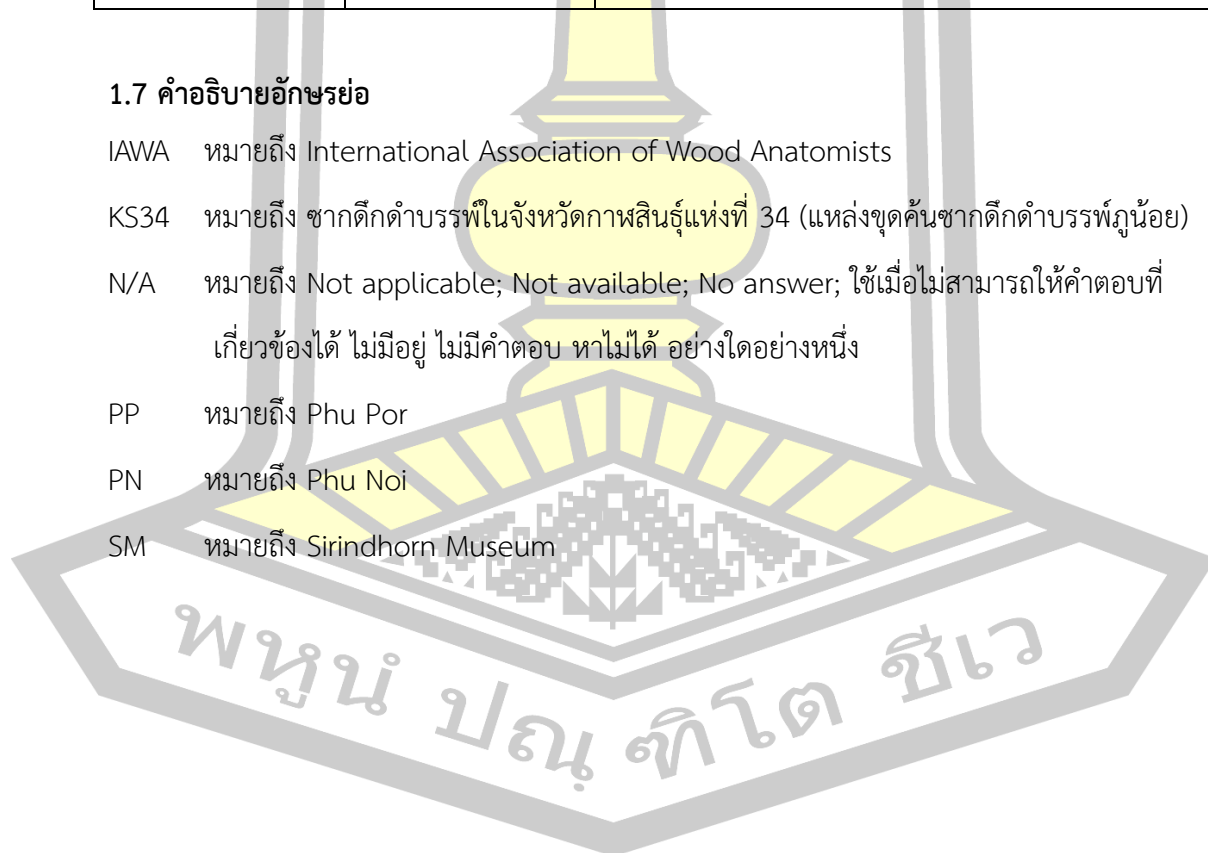
KS34 หมายถึง ซากดึกดำบรรพ์ในจังหวัดกาฬสินธุ์แห่งที่ 34 (แหล่งขุดค้นซากดึกดำบรรพ์ภูน้อย)

N/A หมายถึง Not applicable; Not available; No answer; ใช้เมื่อไม่สามารถให้คำตอบที่เกี่ยวข้องได้ ไม่มีอยู่ ไม่มีคำตอบ หาไม่ได้ ใดๆอย่างหนึ่ง

PP หมายถึง Phu Por

PN หมายถึง Phu Noi

SM หมายถึง Sirindhorn Museum



บทที่ 2

เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการเกิดไม้กลายเป็นหิน

ไม้กลายเป็นหิน ในพจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถานได้ให้ความหมายไว้ว่า “เนื้อไม้ที่สารละลายซิลิกาเข้าไปแทนที่สารเดิม จนกระทั่งแทนที่ทั้งหมดโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและโครงสร้าง ปกติซิลิกาในเนื้อไม้อยู่ในรูปของโอพอล คาลซิโดนี และควอตซ์” (ราชบัณฑิตยสถาน, 2544) การเกิดของไม้กลายเป็นหินเป็นกระบวนการของการที่ซากดึกดำบรรพ์ที่เกิดการแทนที่ของแร่ (permineralized plant fossil) โดยการแทนที่ของธาตุอื่นเข้าไปในโครงสร้างของเนื้อไม้เป็นการคงสภาพที่ดีที่สุด เพราะซากดึกดำบรรพ์ถูกรักษาสภาพได้ถึงระดับเซลล์ในลักษณะ 3 มิติ การที่ธาตุต่าง ๆ ในธรรมชาติสามารถแทรกเข้าไปแทนที่อวัยวะภายในโครงสร้างของเซลล์ได้เนื่องจากอวัยวะของธาตุที่ละลายน้ำที่อยู่ในน้ำและดินที่ซากดึกดำบรรพ์ฝังตัวอยู่ จะแทรกตัวเข้าไปแทนที่อวัยวะที่มีขนาดและจำนวนประจุใกล้เคียงกันในเซลล์เนื้อเยื่อไม้ โดยทั่วไปธาตุที่มักเข้าไปแทนที่ที่พบมากที่สุดคือ ซิลิกอน (Si) และออกซิเจน (O) ในรูปของซิลิกอนออกไซด์ (SiO_2) เหล็ก (Fe) และกำมะถัน (S) ในรูปของแร่เหล็กออกไซด์ (FeO) หรือเหล็กซัลไฟด์ (FeS) ต่าง ๆ โดยอาจจะมีทองแดง (Cu) และ โคบอลต์ (Co) เข้าไปแทนที่เล็กน้อย ในบางกรณีจะพบแร่แคลเซียม (Ca) หรือแมกนีเซียมคาร์บอเนต (MgCO_3) ในรูปของแคลไซต์ อราโกไนต์ (CaCO_3) หรือโดโลไมต์ ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) แต่พบน้อยมากที่จะเกิดการแทนที่ในโครงสร้างระดับเซลล์ แต่อาจพบในโพรงหรือท่อลำเลียง การแทนที่ที่ค่อย ๆ เกิดอย่างช้า ๆ และเกิดการตกผลึกแร่ใหม่ขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งอินทรีย์วัตถุที่อยู่ในเซลล์ถูกแทนที่โดยสมบูรณ์ (Scott & Collinson, 1983) การเกิดไม้กลายเป็นหินอย่างสมบูรณ์จะพบแร่ทั้งบริเวณผนังเซลล์ ภายในช่องว่างระหว่างเซลล์ และท่อลำเลียง ซึ่งการแทนที่แต่ละครั้งขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของการสะสมตัวในตะกอนที่มีความเข้มข้นของธาตุใดเป็นหลัก ไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่าธาตุใดเข้าไปแทนที่ก่อนหลัง ต้องศึกษาเป็นกรณีของแต่ละสถานที่ที่ไม้กลายเป็นหินสะสมตัว แต่ธาตุที่เสถียร จะต้องมีความสัมพันธ์กับขนาดและประจุของไอออนในอินทรีย์สารเดิม ดังนั้น เมื่อเวลาผ่านไปจะพบว่า ไม้กลายเป็นหินที่ยังคงทนอยู่ได้จนถึงปัจจุบันนั้น มักจะเป็นแร่ซิลิกาไอออน (Si^{4+}) มีค่าประจุเท่ากันและขนาดใกล้เคียงกับคาร์บอนไอออน (Ca^{4+}) ที่เป็นตัวประกอบหลักของเซลล์เนื้อไม้ (กฤษณา ชูติมา, 2547)

2.2 พืชเมล็ดเปลือยและกายวิภาคเนื้อไม้ของพืชเมล็ดเปลือย

2.2.1 พืชเมล็ดเปลือย

ในมหายุคมีโซโซอิก (Mesozoic Era) พืชที่มีการแพร่กระจายมากและมีความหลากหลายกว่าพืชอื่น คือ พืชเมล็ดเปลือย (gymnosperm) ปัจจุบันเหลือเพียง 1,000 ชนิดเท่านั้น (The Plant List, 2013) คำว่า gymnosperm นั้นมีที่มาจากภาษากรีก gymnos (naked) และ sperma (seed) แปลว่า เมล็ดเปลือย (naked seed) เป็นพืชที่มีเนื้อไม้เหมือนกับพืชดอก ต่างกันที่ออวุล (ovule) หรือเมล็ด (seed) จะไม่มีคาร์เพลหรือไม่มีรังไข่หุ้ม เมล็ดของพืชเมล็ดเปลือยนั้นจะพัฒนาอยู่บนแผ่นเกล็ดใบประดับ จะเรียกต่างกันในแต่ละกลุ่ม โดยส่วนมากมีรูปร่างคล้ายโคน เรียกว่า seed cone ในอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้จะเรียกว่า pollen cone ในพืชเมล็ดเปลือยมีทั้งที่เป็นไม้ยืนต้น ไม้เลื้อย และกาฝาก กลุ่มใหญ่ที่สุดของพืชเมล็ดเปลือย คือ พืชกลุ่มสน (pines cypresses และอื่น ๆ) ปัจจุบันพืชเมล็ดเปลือยจำแนกเป็น 8 อันดับ (order) จำนวน 12 วงศ์ (family) ได้แก่ Araucariaceae Ephedraceae Pinaceae Taxaceae Cupressaceae Ginkgoaceae Podocarpaceae Welwitschiaceae Cycadaceae Gnetaceae Sciadopityaceae และ Zamiaceae (The Plant List, 2013; World Flora Online, 2020)

Conifers (Pinidae) หรือสน มี 3 อันดับ

1. Pinales ใบคล้ายเข็มออกเป็นกระจุก ส่วนมากมี 2 – 5 ใบ โคนเมล็ดแข็ง แต่ละเมล็ดมีเกล็ด 2 อัน ร่องรับ มี Pinaceae วงศ์เดียว มี 11 สกุล คือ *Abies* Miller, *Cathaya* Chun et Kuang, *Cedrus* Trew, *Keteleeria* Carrière, *Larix* Miller, *Nothotsuga* (Cheng) Hu ex Page, *Picea* Dietrich, *Pinus* L., *Pseudolarix* Gordon, *Pseudotsuga* Carrière และ *Tsuga* (Endl.) Carrière ทั้งหมด 227 ชนิด ส่วนมากพบในเขตอบอุ่นตอนเหนือ ในประเทศไทยมี 2 ชนิด คือ สนสองใบ (*Pinus merkusii* Jungh & De Vriese) และสนสามใบ (*Pinus kesiya* Royle ex Gordon) (สำนักงานหอพรรณไม้, 2561; World Flora Online, 2020)

2. Araucariales แผ่นใบมีหลายรูปแบบ หรือลดรูปเป็นเกล็ด หรือมี cladodes โคนเมล็ดออกเดี่ยว ๆ มีใบประดับหนึ่งถึงหลายใบ คล้ายเกล็ด หรือขยายบวมคล้ายฐานดอกสี่เหลี่ยม เมล็ดมีเยื่อหุ้มหนาคลายผล ผนังชั้นในแข็ง มี 3 วงศ์

- Araucariaceae มี 4 สกุล คือ *Agathis* Salisb., *Araucaria* Juss., *Columbea* และ *Wollemia* Jones, Hill & Allen ทั้งหมด 46 ชนิด พบในอเมริกาใต้ ภูมิภาคมาเลเซีย ออสเตรเลียและแปซิฟิก คือ *Wollemia nobilis* Jones, Hill & Allen หรือ wollemi pine เพิ่งถูกค้นพบโดย Jones, Hill และ Allen เมื่อ ปี ค.ศ. 1995 ในประเทศออสเตรเลีย นอกจากนี้ยังมี *Parasitaxus ustus* ที่เป็นพืชกาฝากชนิดเดียวของพืชเมล็ดเปลือย พบที่นิวแคลิโดเนีย (New

Caledonia) ในประเทศไทยพบเฉพาะที่เป็นไม้ประดับ เช่น สนฉัตร และสนหนาม (Fu et al., 1999; World Flora Online, 2020)

- Podocarpaceae มี 19 สกุล คือ *Acmopyle* Plig., *Afrocarpus* (J. Buchholz & E.G. Gray) Page, *Dacrycarpus* (Endl.) de Laub., *Dacrydium* Lamb., *Falcatifolium* de Laub, *Halocarpus* Quinn, *Lagarostrobos* Quinn, *Lepidothamnus* Phil., *Manoao* Molloy, *Microcachrys* Hook. f., *Nageia*, *Parasitaxus* de Laub, *Pherosphaera* Archer, *Phyllocladus* Rich. ex Mirb., *Podocarpus* L'Hér. ex Pers., *Prumnopitys* Phil., *Retrophyllum* Page, *Saxegothaea* Lindl. และ *Sundacarpus* (J. Buchholz & N.E. Gray) Page ทั้งหมด 226 ชนิด พบทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น ในไทยมี 4 สกุล ได้แก่ สกุล *Dacrycarpus* มีชนิดเดียว คือ พญาเมฆามป้อม *Dacrycarpus imbricatus* (Blume) de Laub. สกุล *Dacrydium* มีชนิดเดียว คือ สนสามพันปี (*Dacrydium elatum* (Roxb.) Wall. Ex Hook.) สกุล *Nageia* มี 2 ชนิด คือ ชางจิ้น (*Nageia motleyi* (Parl.) Dummer) และขุนไม้ (*Nageia wallichiana* (C.Presl) Kuntze) และสกุล *Podocarpus* มี 2 ชนิด คือ พญาไม้ใบสั้น (*Podocarpus nerifolius* D.Don) และสนใบพาย (*Podocarpus Polystachyus* R.Br. ex Endl.) (สำนักงานหอพรรณไม้, 2561; World Flora Online, 2020) สกุล *Sciadopitys* Siebold & Zucc. มีเพียงชนิดเดียว คือ สนร่ม (*Sciadopitys verticillate* (Thunb.) Siebold & Zucc.) หรือ Japanese Umbrella Pine พบในอเมริกากลางและทางตอนใต้ของญี่ปุ่น เคยอยู่ภายใต้วงศ์ Taxodiaceae (World Flora Online, 2020)

3. Cupressales ใบรูปแถบ รูปเข็ม หรือคล้ายเกล็ด เรียงตรงข้าม เรียงเวียน หรือเรียงรอบข้อ ส่วนมากมีสองสัณฐาน คือ มีใบสองแบบในต้นเดียวกัน แผ่นใบด้านล่างมักมีแถบปากใบ โคนเมล็ดกลม รูปไข่ หรือเรียวยาว เกล็ดมีกลดรูป ใบประดับขยายหุ้มเกล็ด เมล็ดมีเยื่อหุ้ม มี 2 วงศ์ คือ Cupressaceae และ Taxaceae

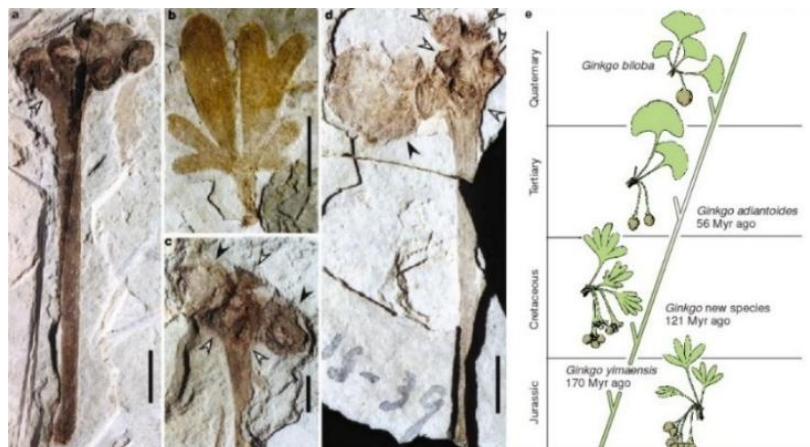
- Cupressaceae มี 32 สกุล คือ *Actinostrobus* Miq., *Athrotaxis* D. Don, *Austrocedrus* Florin & Boutelje, *Callitris* Vent., *Callitropsis*, *Calocedrus* Kurz, *Chamaecyparis* Spach, *Cryptomeria* D. Don, *Cunninghamia* R. Br. ex A. Rich., *Cupressus* L., *Diselma* Hook. f., *Fitzroya* Hook. f. ex Lindl., *Fokienia* Henry & Thomas, *Glyptostrobus* Endl., *Juniperus* L., *Libocedrus* Endl., *Metasequoia* Hu & Cheng, *Microbiota* Kom., *Neocallitropsis* Florin, *Neocupropsis*, *Papuacedrus* H.L. Li, *Pilgerodendron* Florin, *Platyclusus* Spach, *Sabina* Mill., *Sequoia* Endl., *Sequoiadendron* Buchholz, *Taiwania* Hayata, *Taxodium* Rich., *Tetraclinis* Mast., *Thuja* L., *Thujopsis* Siebold & Zucc. ex Endl. และ *Widdringtonia* Endl. ทั้งหมด 253 ชนิด (World

Flora Online, 2020) ในไทยมีชนิดเดียว คือ แปกลม หรือสนแผง หรือสนใบต่อ (*Calocedrus macrolepis* Kurz) พบที่ภูหลวงและภูกระดึง จังหวัดเลย หลายชนิดเป็นไม้ประดับ เช่น สนดินสอ (*Cupressus sempervirens* L.) สนแผง (*Platycladus orientalis* (L.) Franco) และสนหนามจีน (*Juniperus rigida* Siebold & Zucc.) ชนิดที่เป็นที่รู้จัก คือ สนซีควอยักษ์ (*Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) Buchholz) ซึ่งเป็นไม้ต้นขนาดใหญ่ที่สุดในโลก สูงได้มากกว่า 100 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเกือบ 9 เมตร พบในแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา (World Flora Online, 2020; สำนักงานหอพรรณไม้, 2561)

- Taxaceae มี 6 สกุล คือ *Amentotaxus* Pilg., *Austrotaxus* Compton, *Cephalotaxus* Siebold & Zucc. ex Endl., *Pseudotaxus* Cheng, *Taxus* L. และ *Torreya* Arn. ทั้งหมด 45 ชนิด (World Flora Online, 2020) ส่วนมากพบในเขตอบอุ่นทางซีกโลกเหนือ ในไทยมีเพียงชนิดเดียว คือ *Taxus sumatrana* (Miq.) de Laub. (มะขามป้อมดงหรือดอยสะเด้น; พญามะขามป้อม; สะวาลา, เส่วาลา; ห้าง) อยู่ในสกุล *Cephalotaxus* พบทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่จังหวัดเลย ภาคเหนือที่จังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย ขึ้นตามป่าดิบเขา ที่ระดับความสูงจากน้ำทะเล 1,000 - 1,800 เมตร (สำนักงานหอพรรณไม้, 2561; IPNI, 2020; World Flora Online, 2020)

Ginkgo หรือแปะก๊วย มี 1 อันดับ

1. Ginkgoales ประกอบด้วย 1 ชนิด คือ *Ginkgo biloba* L. มีลำต้นสูงถึง 30 เมตร สร้างกิ่ง 2 แบบ คือ กิ่งมีเดือย (spur shoot) ทำหน้าที่สร้างอวัยวะสืบพันธุ์ และกิ่งยาว (long shoot) ไม่ทำหน้าที่สร้างอวัยวะสืบพันธุ์ โดยใบในกิ่งทั้งสองแบบนี้มีรูปร่างแตกต่างกันเล็กน้อย แปะก๊วยเป็นพืชแบบต้นแยกเพศ ต้นเพศผู้สร้างโครงสร้างคล้ายดอกเพศผู้ มีข้อแบบทางกระรอก ต้นเพศเมียสร้างออวุลที่ชอกใบบริเวณปลายยอด และมีก้านชูอวุลลักษณะยาว ปัจจุบันมีการกระจายพันธุ์ในธรรมชาติอยู่เพียงแค่ในประเทศจีน แปะก๊วยได้ชื่อว่าเป็นสิ่งมีชีวิตที่ยังคงลักษณะดึกดำบรรพ์ (living fossil) เพราะนับว่าเป็นพืชที่แทบจะไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงมากนักมาตั้งแต่ยุคที่สัตว์เลื้อยคลานขนาดใหญ่ครองโลก (Zhou & Zheng, 2003) พบแปะก๊วยชนิดใหม่ในชั้นหินยุคครีเทเชียสที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่อยู่ระหว่าง *G. yimaensis* ในยุคจูแรสซิกและ *G. adiantoides* ในต้นยุคเทอร์เชียรี รวมถึง *G. biloba* ในปัจจุบันด้วย (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ค้นพบผลอ่อนของแปะก๊วยชนิดใหม่ จากหมวดหิน Yixian สาธารณรัฐประชาชนจีน (Zhou & Zheng, 2003)

Cycadophyta หรือ ปรง มี 1 อันดับ

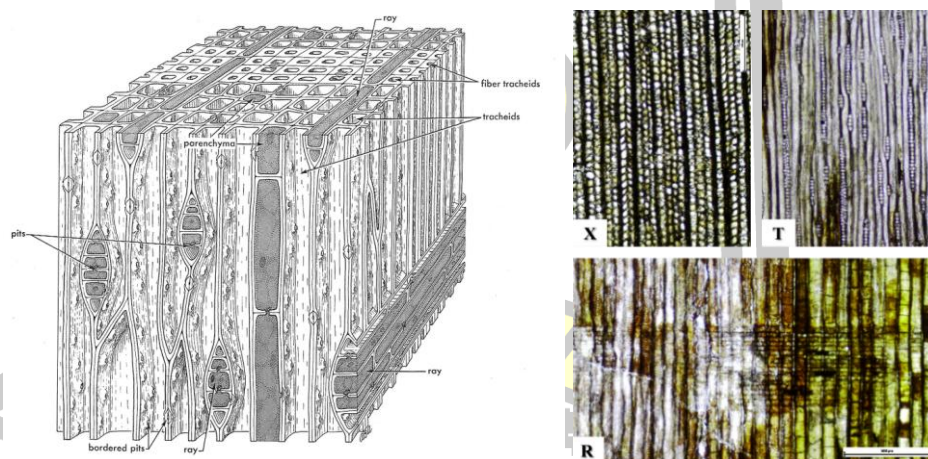
1. Cycadales มี 2 วงศ์ คือ วงศ์ *Cacadaceae* ซึ่งมีเพียง 1 สกุล คือ *Cycas* L. และ วงศ์ *Zamiaceae* มี 9 สกุล คือ *Bowenia* Hook. ex Hook. f., *Ceratozamia* Brongn., *Dioon* Lindl., *Encephalartos* Lehm., *Lepidozamia* Regel, *Macrozamia* Miq., *Microcycas* (Miq.) A. DC., *Stangeria* T. Moore และ *Zamia* L. (World Flora Online, 2020) การกระจายพันธุ์ของพืชในอันดับนี้อยู่ในเขตเส้นศูนย์สูตรและเขตอากาศอบอุ่นของโลก (ประเทศเม็กซิโก หมู่เกาะเวสต์อินดี ออสเตรเลีย และแอฟริกาใต้) ทุกชนิดเป็นต้นแยกเพศ (dioecious) และจากซากดึกดำบรรพ์ที่ขุดพบก็ยังไม่เคยพบต้นสมบูรณ์เพศ (monoecious) ซากดึกดำบรรพ์ที่เก่าแก่ที่สุดมีอายุประมาณ 280 ล้านปีก่อน (ยุคเพอร์เมียนตอนต้น) ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายพืชกลุ่มปรงในปัจจุบัน และบางชนิดมีความสูงถึง 15 เมตร แต่ปรงในยุคปัจจุบันมีความสูงน้อยกว่า 3 เมตร และไม่มีการแตกกิ่ง นอกจากนี้พืชกลุ่มปรงที่ยังมีชีวิตอยู่ในปัจจุบันมีใบ 2 แบบ คือ ใบประกอบแบบขนนก ที่มีลักษณะคล้ายใบของพืชกลุ่มเฟินทั่ว ๆ ไป เรียงตัวแบบเกลียว ติดเป็นกลุ่มตรงปลายยอด และใบเกล็ดมีลักษณะเป็นแผ่นปกคลุมลำต้นส่วนปลายยอด ซึ่งใบเกล็ดเกิดจากการหลุดร่วงของแผ่นใบ แล้วทิ้งฐานใบติดไว้กับลำต้น ปรงเป็นพืชไม่ผลัดใบพร้อมกันทั้งต้น

2.2.2 กายวิภาคเนื้อไม้ของพืชเมล็ดเปลือย

ในการตรวจเอกลักษณ์ของเนื้อไม้ จำเป็นต้องศึกษาลักษณะหยาบ ๆ ภายนอกของเนื้อไม้เสียก่อน (macroscopic features) แล้วจึงจะสามารถตรวจเอกลักษณ์ของเซลล์ภายในเนื้อไม้ได้ ลักษณะอย่างหยาบภายนอกเนื้อไม้เป็นลักษณะที่เห็นได้ด้วยตาเปล่า มีค่าที่ใช้เรียกแตกต่างกัน เช่น

macroscopic structure หรือ gross features ลักษณะโครงสร้างอย่างหยาบของเนื้อไม้ใช้เป็นลักษณะสำคัญในการระบุเอกลักษณ์ (identification) เพื่อใช้แยกชนิดไม้ให้เห็นความแตกต่างกัน แต่เป็นการตรวจที่มีความแม่นยำน้อย อย่างไรก็ตาม การตรวจเอกลักษณ์ของเนื้อไม้นั้นไม่ได้ถือเอาลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว แต่ต้องอาศัยลักษณะหลาย ๆ อย่างประกอบกัน เนื่องจากเนื้อไม้ประกอบขึ้นจากเซลล์ชนิดต่าง ๆ การศึกษาลักษณะโครงสร้างเนื้อไม้จึงจำเป็นต้องรู้เกี่ยวกับรูปร่าง ลักษณะ การเรียงตัว และส่วนประกอบของเซลล์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ด้านที่ใช้ศึกษา คือ ภาคการตัดตามขวาง (cross section หรือ transverse section; X) ภาคการตัดตามแนวรัศมี (radial section; R) ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัส (tangential section; T)

ภาคการตัดตามขวาง คือ ด้านที่ตั้งฉากกับแกนยาวของลำต้น ภาคการตัดตามแนวรัศมีและภาคการตัดขนานเส้นสัมผัสจะตั้งฉากกับด้านตัดขวาง ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัสจะไปตามแนวของเส้นเนื้อไม้ ภาคการตัดตามแนวรัศมีจะตัดตามแนวของเนื้อเยื่อแนวรัศมี (ray) ที่เห็นทางด้านภาคการตัดตามขวางไปตามเส้นเนื้อไม้ ซึ่งเนื้อเยื่อแนวรัศมีนี้จะเป็แนวยาวติดต่อกันตั้งแต่เปลือกจนถึงไส้ไม้ตลอดลำต้นของต้นไม้ ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัสของเนื้อไม้แท้จริง คือ ด้านนอกของต้นไม้เมื่อเอาเปลือกออกแล้ว แต่โดยทั่ว ๆ ไป หมายถึง ด้านที่ตั้งฉากกับเนื้อเยื่อแนวรัศมี (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 กายวิภาคของเนื้อไม้พืชเมลิ็ดเปลิอย ด้านซ้ายแสดงแต่ละด้านของเนื้อไม้ที่ใช้ศึกษา (Rost et al., 1984) ด้านขวาแสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์ของไม้กลายเป็นหินจากเทคนิคการทำแผ่นหินบาง อักษรย่อ: X = cross section, T = tangential section, R = radial section

2.2.3 การตรวจสอบเอกลักษณ์ไม้กลายเป็นหินตามเกณฑ์ IAWA

ในการตรวจสอบเอกลักษณ์ของไม้กลายเป็นหินต้องมีเกณฑ์ในการจำแนกเช่นเดียวกับพืช ปัจจุบัน ในรายงานเล่มนี้จะใช้เกณฑ์ตาม IAWA List of microscopic features for softwood identification เป็นหลัก โดยใช้ลักษณะทางกายวิภาค ได้แก่ วงปี (growth ring), ท่อลำเลียง (tracheids), ลวดลายของผนังเซลล์, axial parenchyma, ray composition, cross-field pitting, ขนาดของเซลล์เรย์ และ intercellular canals ในการระบุเอกลักษณ์ของไม้กลายเป็นหิน (IAWA Committee, 2004) ทั้งนี้พบว่ามียาลักษณะของสนมหายภูมิโซโซอีกที่ไม่ปรากฏในสนปัจจุบัน คือ รูปแบบของ cross-field pits แบบ xenoxylean โดยใน IAWA ปรากฏ 6 รูปแบบ ได้แก่ window-like, pinoid, piceoid, cupressoid, taxodioid และ araucarioid (ภาพที่ 3)

1. window-like มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดใหญ่ 1 – 2 ปากหลุมผนังเซลล์ (pits) ที่ครอบคลุมพื้นที่เกือบทั้งหมดของ cross-field pits พบในพืชเมล็ดเปลือยบาง section เช่น *Sylvestris* และ *Strobus* ในวงศ์ Pinaceae

2. pinoid จำนวนของปากหลุมผนังเซลล์มี 1 – 6 ปากหลุมผนังเซลล์ ส่วนใหญ่มักพบ 3 ปากหลุมผนังเซลล์ขึ้นไป มีตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดค่อนข้างใหญ่ขึ้นอยู่กับจำนวนของ cross-field pits ขอบปากหลุมผนังเซลล์เรียบหรือลดขนาดลงจนแทบไม่เห็นขอบ ปากหลุมผนังเซลล์มีรูปร่างแปลกไปจาก window-like มักพบในทุก section ของสกุล *Pinus* ยกเว้นในกลุ่มที่เป็น Window-like เช่น *Pinus ponderosa*

3. piceoid ขอบของปากหลุมผนังเซลล์กว้าง มีลักษณะร่องรอยแยกตรงกลางคล้ายรอยกรีด (slit-like) ออกบางครั้งทั้งสองด้านยาวเกินขอบปากหลุมผนังเซลล์ พบใน *Larix* spp., *Picea* spp., *Pseudotsuga* spp. และ *Tsuga* spp. วงศ์ Pinaceae และบางครั้งพบใน *Cedrus* spp.

4. cupressoid มีรอยแยกยาวเรียวยาวคล้ายรูปไข่อยู่ตรงกลาง ลักษณะช่องเปิดแคบกว่าขอบปากหลุมผนังเซลล์ ตำแหน่งของรอยแยกหลากหลาย บางครั้งเรียงในตำแหน่งแนวตั้ง บางครั้งเรียงในตำแหน่งแนวนอนของ cross-field pits เป็นลักษณะเฉพาะในวงศ์ Cupressaceae (ยกเว้นสกุล *Thuja*) บางครั้งพบในวงศ์ Podocarpaceae และ Taxaceae

5. taxodioid มีรอยแยกรูปไข่จนถึงรูปกลม ลักษณะรอยแยกใหญ่เกือบเท่าปากหลุมผนังเซลล์ ส่วนใหญ่พบ taxodioid pitting ในวงศ์ Taxodiaceae บ้างพบในสกุล *Abies*, *Cedrus* (Pinaceae), *Thuja* (Cupressaceae) cross-field pits ในสกุล *Sequoia* และ *Taxodium* ปากหลุมผนังเซลล์เรียงตัว 2-3 แถว (น้อยครั้งจะมากถึง 5 แถว) ยกเว้นเซลล์เรย์ที่อยู่บริเวณปลายสุด (marginal cell)

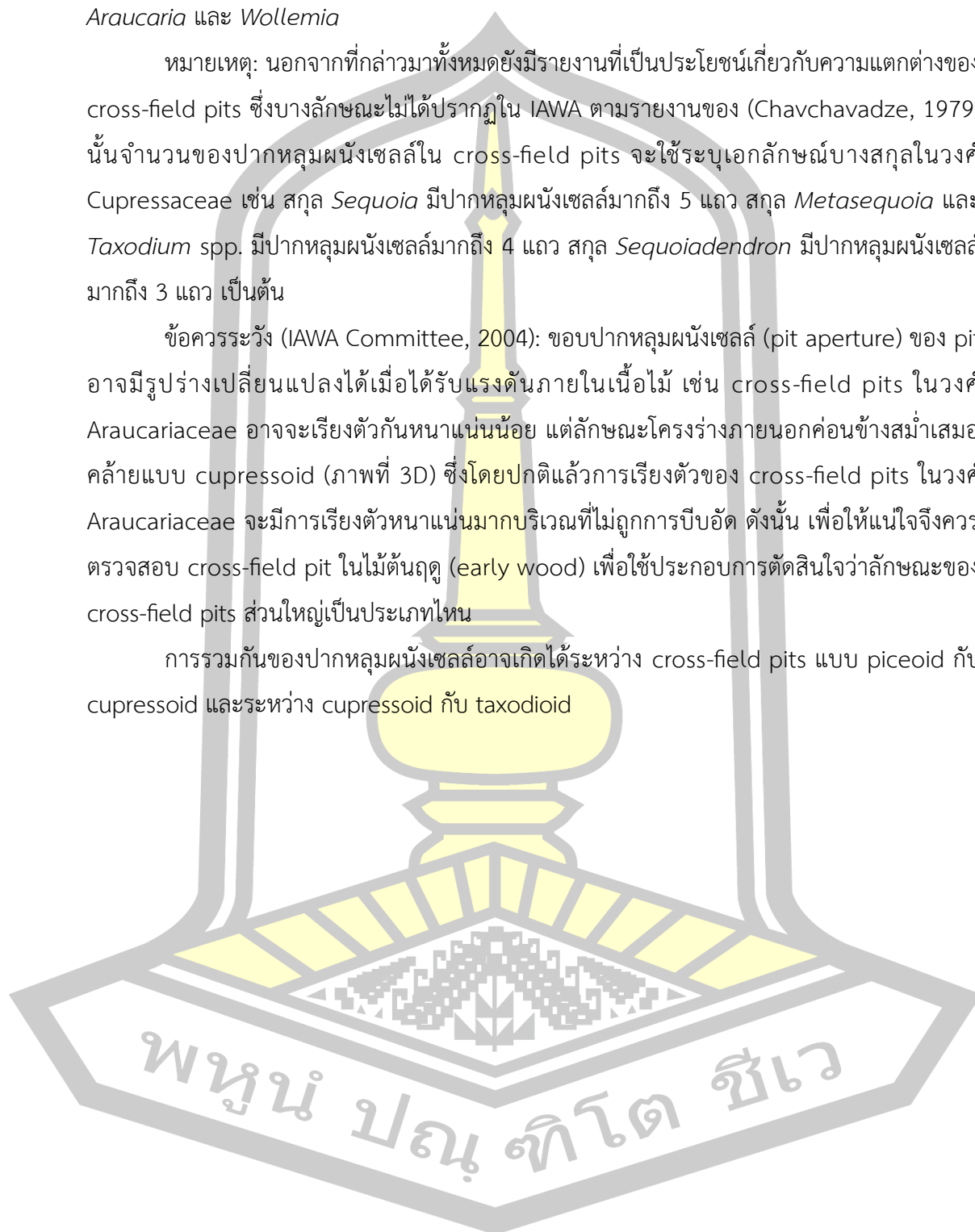
6. araucarioid ลักษณะปากหลุมผนังเซลล์คล้ายกับ Cupressoid (มีรอยแยกยาวเรียวยาวคล้ายรูปไข่อยู่ตรงกลาง) แต่การเรียงตัวมีลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์ ปกติจะเรียงตัวกันอย่างหนาแน่นเรียง

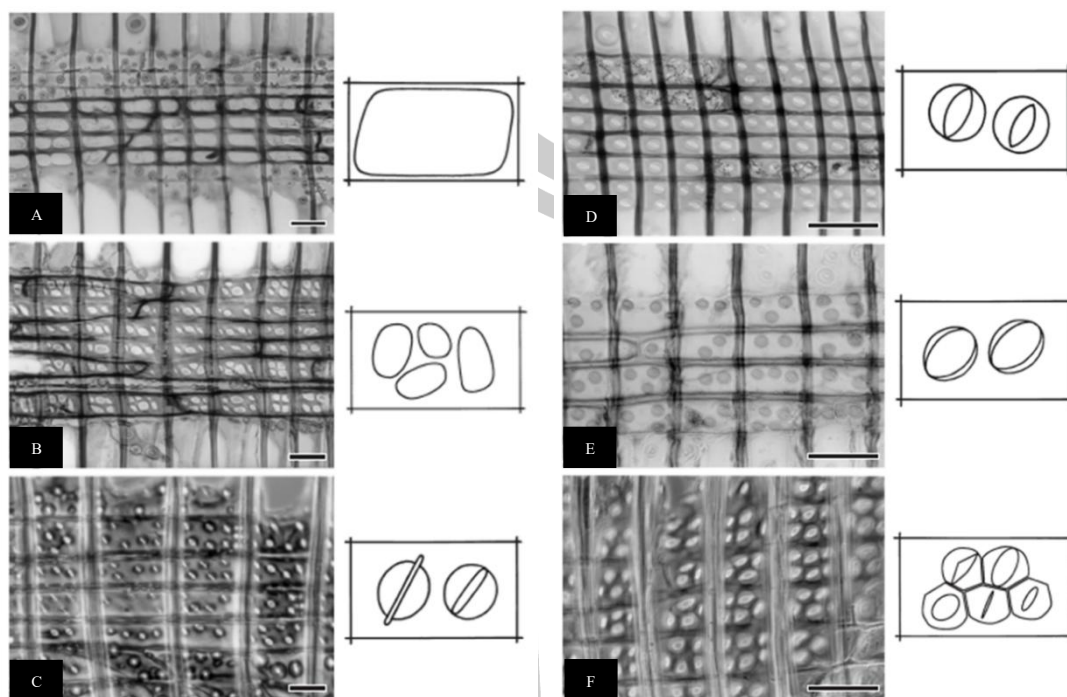
ติดกัน 3 ปากหลุมผนังเซลล์ หรือมากกว่า พบจำกัดในวงศ์สนฉัตร (Araucariaceae) เช่น *Agathis*, *Araucaria* และ *Wollemia*

หมายเหตุ: นอกจากที่กล่าวมาทั้งหมดยังมีรายงานที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับความแตกต่างของ cross-field pits ซึ่งบางลักษณะไม่ได้ปรากฏใน IAWA ตามรายงานของ (Chavchavadze, 1979) นั้นจำนวนของปากหลุมผนังเซลล์ใน cross-field pits จะใช้ระบุเอกลักษณ์บางสกุลในวงศ์ Cupressaceae เช่น สกุล *Sequoia* มีปากหลุมผนังเซลล์มากถึง 5 แถว สกุล *Metasequoia* และ *Taxodium* spp. มีปากหลุมผนังเซลล์มากถึง 4 แถว สกุล *Sequoiadendron* มีปากหลุมผนังเซลล์มากถึง 3 แถว เป็นต้น

ข้อควรระวัง (IAWA Committee, 2004): ขอบปากหลุมผนังเซลล์ (pit aperture) ของ pit อาจมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงได้เมื่อได้รับแรงดันภายในเนื้อไม้ เช่น cross-field pits ในวงศ์ Araucariaceae อาจจะเรียงตัวกันหนาแน่นน้อย แต่ลักษณะโครงสร้างภายนอกค่อนข้างสม่ำเสมอ คล้ายแบบ cupressoid (ภาพที่ 3D) ซึ่งโดยปกติแล้วการเรียงตัวของ cross-field pits ในวงศ์ Araucariaceae จะมีการเรียงตัวหนาแน่นมากบริเวณที่ไม่ถูกการบีบอัด ดังนั้น เพื่อให้แน่ใจจึงควรตรวจสอบ cross-field pit ในไม้ต้นฤดู (early wood) เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจว่าลักษณะของ cross-field pits ส่วนใหญ่เป็นประเภทไหน

การรวมกันของปากหลุมผนังเซลล์อาจเกิดได้ระหว่าง cross-field pits แบบ piceoid กับ cupressoid และระหว่าง cupressoid กับ taxodioid





ภาพที่ 3 แสดงรูปแบบของ cross-field pits ในภาคการตัดตามแนวรัศมีของสนปัจจุบันจากรายงานของ IAWA; A = window-like, B = pinoid, C = piceoid, D = cupressoid, E = taxodioid และ F = araucarioid; มาตรฐานรูปภาพ: A, B, D, E, F = 50 μ m; C = 20 μ m. (IAWA Committee, 2004)

2.3 การจำแนกไม้กลายเป็นหินกลุ่มพืชเมล็ดเปลือย

2.3.1 การจำแนกไม้กลายเป็นหิน

การจำแนกไม้กลายเป็นหินในกลุ่มพืชเมล็ดเปลือย (gymnosperm wood) จะใช้ลักษณะทางกายวิภาคไม้มาช่วยในการจำแนกเช่นเดียวกับไม้ปัจจุบัน แต่ในบางครั้งอาจบอกได้ไม่แน่ชัดซึ่งเกิดได้หลายสาเหตุ เช่น กระบวนการกลายเป็นซากดึกดำบรรพ์ (taphonomy) และการคงสภาพของเซลล์ที่ไม่สมบูรณ์ (preservation) ไม้ในกลุ่มพืชเมล็ดเปลือยส่วนใหญ่มีลักษณะที่คล้ายกัน โดยเฉพาะถ้าไม่พบลักษณะเฉพาะของเนื้อไม้ที่ชัดเจน (distinctive features) จะทำให้จำแนกยาก เช่น ไม้ในวงศ์สนเขา (Pinaceae) มีลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์ คือ มีท่อน้ำยาง (resin duct) ขณะที่วงศ์อื่นมีน้อยหรือไม่มี การจำแนกไม้กลายเป็นหินในกลุ่มพืชเมล็ดเปลือยและพืชดอกต้องศึกษาทั้ง 3 ด้าน เหมือนกับการจำแนกไม้ปัจจุบัน โดยเฉพาะภาคการตัดตามแนวรัศมีเป็นด้านสำคัญที่ใช้ในการจำแนกพืชเมล็ดเปลือย แต่การคงสภาพของเซลล์ในด้านนี้ของซากดึกดำบรรพ์ไม่สมนัยยุคมีโซโซอิกมักจะไม่มีสมบูรณ์ และแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินส่วนใหญ่จะไม่พบอวัยวะส่วนอื่นของพืชที่ไม่ใช่

ส่วนเนื้อไม้ จึงไม่สามารถที่จะยืนยันได้ชัดเจนว่าเป็นพืชชนิดใด ลักษณะโครงสร้างกายวิภาคของเนื้อไม้มีการวิวัฒนาการช้ากว่าโครงสร้างของอวัยวะสืบพันธุ์ ซึ่งในการจำแนกพืชไม่ว่าจะเป็นพืชเมล็ดเปลือยหรือพืชดอกสิ่งสำคัญที่ระบุชนิดได้ค่อนข้างชัดเจน คือ อวัยวะสืบพันธุ์ นอกจากนี้ การศึกษาที่ผ่านมามีการตั้งชื่อไม้กลายเป็นหินที่หลากหลาย แม้ว่าในตัวอย่างที่พบจะมีลักษณะเด่นของไม้ชัดเจนหรือไม่ชัดเจนก็ตาม ทำให้ชื่อของไม้กลายเป็นหินมีมากพอ ๆ กับจำนวนตัวอย่างที่มีการค้นพบ จึงไม่มีความสมเหตุสมผล นอกจากนั้นการตั้งชื่อสกุลไม้กลายเป็นหินยังมีปัญหาเรื่องการมีชื่อสกุลที่มากเกินไปกว่าที่จำเป็น ไม้กลายเป็นหินบางสกุลมีลักษณะกายวิภาคที่ไม่ได้แตกต่างกันนักแต่กลับมีการตั้งชื่อสกุลขึ้นมาใหม่เรื่อย ๆ แทนที่จะตั้งชื่อสกุลเดียวกันกลับมีการตั้งชื่อเป็นกลุ่มใหม่เพิ่มมากขึ้น อีกทั้งปัจจัยทางด้านภูมิอากาศหรือลักษณะภูมิประเทศก็อาจทำให้สับสนได้เช่นกัน เพราะต้นไม้ชนิดเดียวกันแต่เจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันก็ทำให้โครงสร้างต่างกันออกไปทำให้จำแนกผิดได้ (Philippe, 2011) หรือแม้แต่ในต้นไม้ต้นเดียวกันยังมีลักษณะทางกายวิภาคที่แตกต่างกันระหว่างไม้ต้นฤดูและไม้ปลายฤดู ปัญหาเหล่านี้ทำให้การจำแนกไม้กลายเป็นหินเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก แม้จะมีการตั้งชื่อพืชชนิดใหม่แล้ว หากมีการค้นพบหลักฐานใหม่ชื่อที่เคยตั้งไว้แล้วก็จะถูกพิจารณาใหม่ตามความเหมาะสม ดังนั้น ชื่อของซากดึกดำบรรพ์พืชจึงมีการเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต ตัวอย่างเช่น *Araucarioxylon arizonicum* ได้รับการเสนอชื่อโดย Knowlton ในปี 1888 ต่อมาได้มีการเสนอชื่อเพิ่มเติมว่าเป็น *Pullislvaxylon arizonicum* และตั้งเป็นสกุลใหม่ชนิดใหม่ โดย (Savidge, 2007)

2.3.2 การตั้งชื่อไม้กลายเป็นหิน

หลักการในการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ของไม้กลายเป็นหินยึดตามระบบชื่อนุกรมวิธานพืชสากล (the International Code of Botanical Nomenclature: ICBN) ชื่อวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 2 คำ ตามระบบทวินาม (binomial system) ประกอบด้วย ชื่อสกุล (generic name) และชื่อชนิด (specific epithet) รายละเอียดในการตั้งชื่อจะมีคำลงท้ายที่ต่างกัน เช่น ชื่อวงศ์ลงท้ายด้วย -aceae ชื่ออันดับลงท้ายด้วย -ales ชื่อชั้นลงท้ายด้วย -opsida ชื่อไฟลัมลงท้ายด้วย -ophyte (Cleal & Thomas, 2009) ลงท้ายชื่อสกุลบ่งบอกถึงลักษณะสำคัญที่พบจากซากดึกดำบรรพ์ (ลำต้น ราก หรือโคน) (Taylor et al., 2009) ไม้กลายเป็นหินมักลงท้ายด้วยคำว่า -xylon (อ่านว่า ไชลอน) เช่น *Agathoxylon Araucarioxylon Brachyoxylon Xenoxylon* หรือ ลงท้ายด้วยคำว่า -xylous เช่น *Homoxyulous* ซึ่งหมายถึงเนื้อไม้ระยะทุติยภูมิของพืช (secondary xylem)

2.3.3 รูปวิธานการจำแนกไม้กลายเป็นหินมหายุคมีโซโซิก

รูปวิธาน (key) ที่ใช้จำแนกชื่อวิทยาศาสตร์ไม้กลายเป็นหินมหายุคมีโซโซิกของ (Philippe & Bamford, 2008) ลักษณะของรูปวิธานมีความคล้ายกับ (Slyper, 1933) และ (Vogellehner, 1967, 1968) มีการแบ่งสนเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่ม A ลักษณะผนังเซลล์ของเซลล์เรย์เป็นหลุม (pitted)

จนถึงมีลักษณะคล้ายปุ่ม (nodular) กลุ่ม B มี radial pitting แบบ araucarian หรือ xenoxylean กลุ่ม C มี radial pitting แบบ abietinean กลุ่ม D มี radial pitting แบบผสม การจัดกลุ่มไม้ในรูปวิธานตามแบบ (Philippe & Bamford, 2008) นอกจากนี้ ยังตรวจสอบอธิธานคำศัพท์ใหม่สำหรับ tracheidoxyls จาก Boura และคณะ (2021) ซึ่งให้คำอธิบายลักษณะของไม้กลายเป็นหินชัดเจนยิ่งขึ้น ทำให้ผู้ค้นคว้าสามารถจำแนกและระบุลักษณะสำคัญของไม้กลายเป็นหินได้แม่นยำมากขึ้น

2.3.4 ไม้กลายเป็นหินสกุลที่โดดเด่นในมหายุคมีโซโซอิก

(1.) *Agathoxylon* Hartig

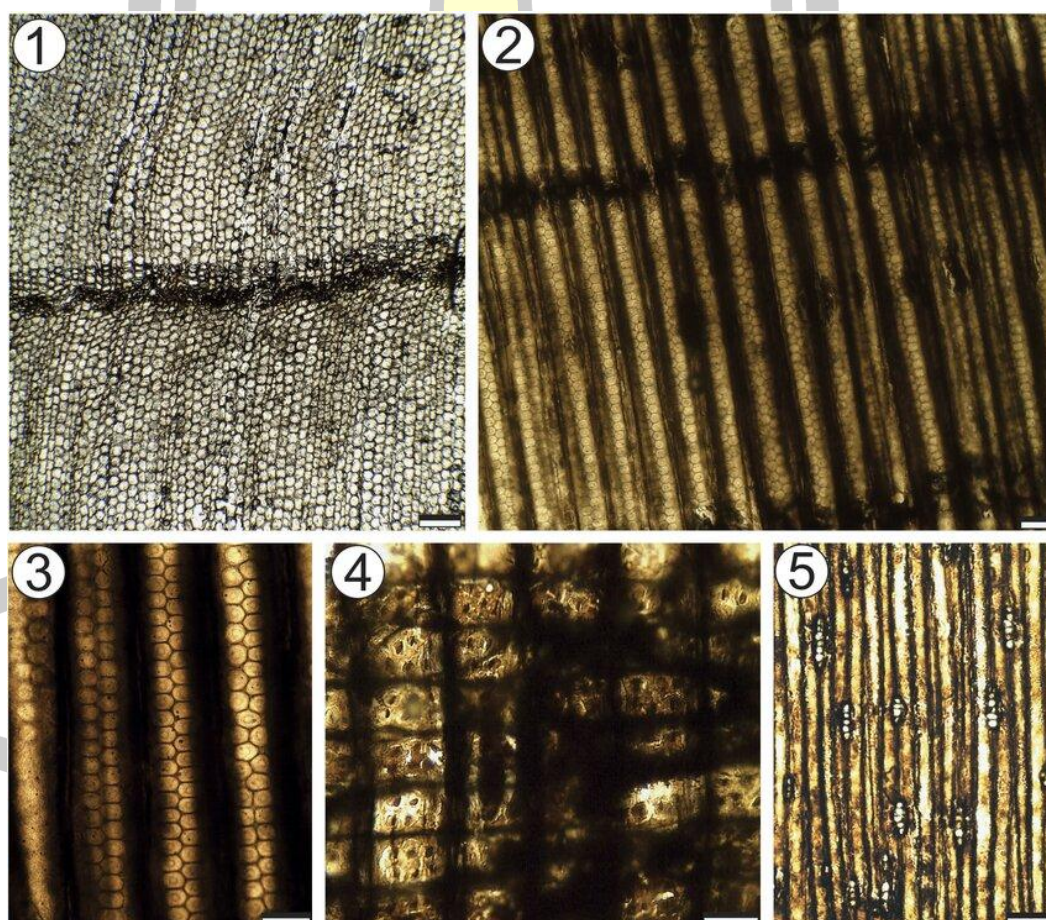
ไม้กลายเป็นหินสกุล *Agathoxylon* เป็นพืชเมล็ดเปลือยจัดอยู่ในวงศ์ Araucariaceae ค้นพบครั้งแรกโดย Hartig ในปี 1848 สกุล *Agathoxylon* เป็นชื่อที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด (Philippe, 2011) ปัจจุบันจึงมีพืชหลายสกุลที่ถูกรวมไว้ให้อยู่ในสกุลนี้ คือ *Araucariopsis* Caspary, *Dadoxylon* Endlicher, *Dammaroxylon* Schultze-Motel, *Peuce* Lindley & Hutton, *Platyspiroxylon* Greguss, และ *Simplicioxylon* Andreánszky สกุล *Agathoxylon* พบตั้งแต่มยุครูเรสซิกตอนกลาง (168 – 165 ล้านปีก่อน) จนถึงสมัยไมโอซีน (23 – 5.3 ล้านปีก่อน)

สายพันธุ์ปัจจุบันที่มีความใกล้เคียงกับสกุล *Agathoxylon* คือสกุล *Agathis* ซึ่งเป็นสปีชีส์ที่มีการแยกตัวออกมาจากทางซีกโลกใต้ โดยขอบเขตการกระจายพันธุ์ของ *Agathis* นั้นครอบคลุมจากประเทศนิวซีแลนด์ และทางตะวันตกของฟิจิ ไปจนถึงหมู่เกาะมลายูและสุมาตรา (ภาพที่ 4) เป็นชนิดพันธุ์ที่เกิดจากการเกิดสปีชีส์ต่างบริเวณ (allopatric) ซึ่งทั้งหมดนั้นเป็นพืชที่มีลักษณะทางกายภาพที่ต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน มีสมมติฐานว่า *Agathis* มีการขยายขอบเขตการกระจายพันธุ์มาจาก 2 จุดศูนย์กลางของ Gondwanic และประสบความสำเร็จในการแพร่กระจายพันธุ์แข่งกับพืชดอกในป่าที่ยังไม่ได้มีความสมบูรณ์มากนัก (Whitmore & Page, 1980) ลักษณะทางกายวิภาคของไม้กลายเป็นหินสกุล *Agathoxylon* แสดงในภาพที่ 5

พูน ปณ จิต ชเว



ภาพที่ 4 แสดงการกระจายทางภูมิศาสตร์ของไม้กลายเป็นหินสกุล *Agathoxylon* (*Agathoxylon* Hartig, 1848 ใน (GBIF Global Biodiversity Information Facility, 2023a)



ภาพที่ 5 แสดงกายวิภาคของไม้กลายเป็นหิน *Agathoxylon santalense* (Kloster & Gnaedinger, 2018)

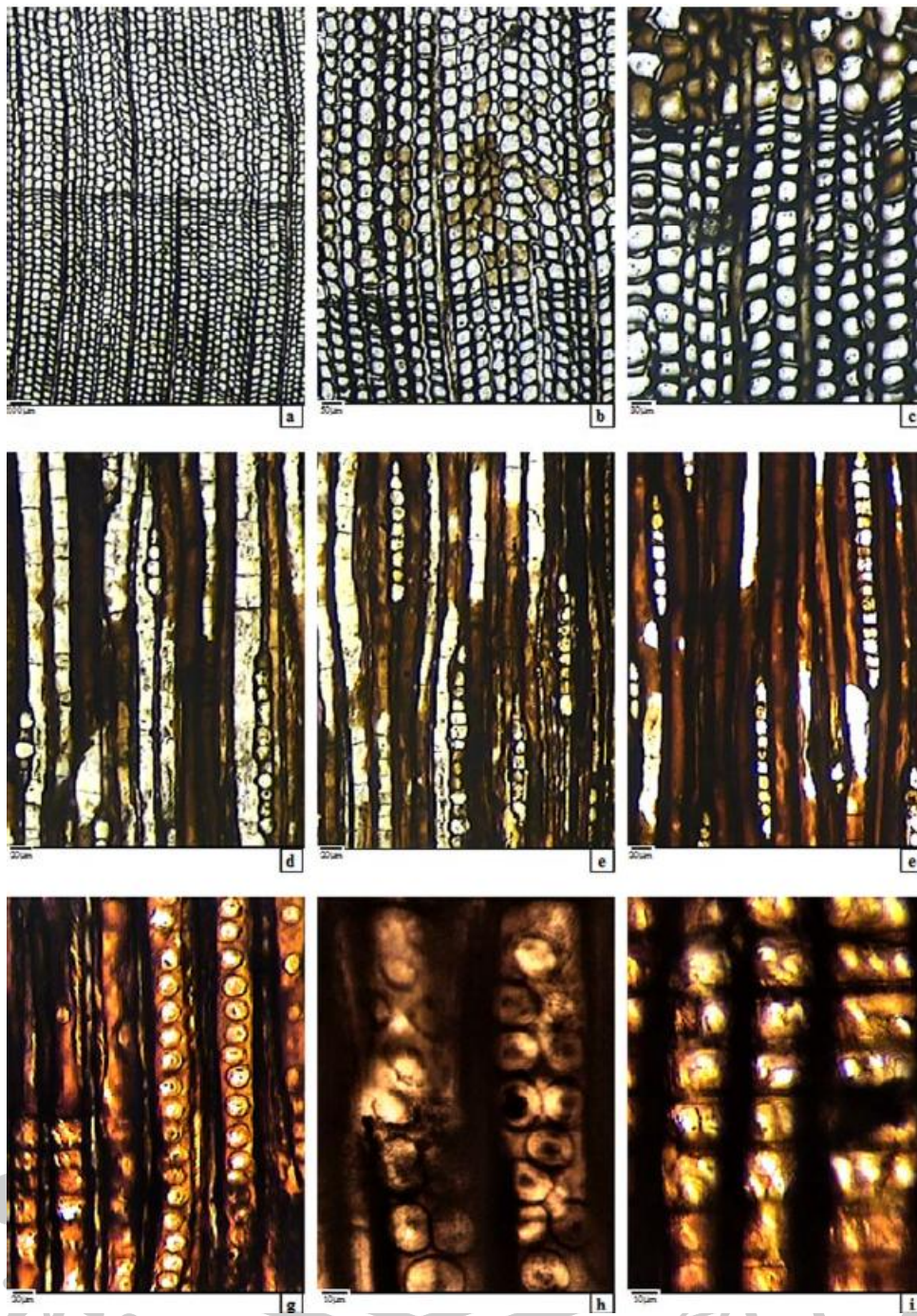
(2.) *Brachyoxylon* Hollick & Jeffrey

Brachyoxylon เป็นไม้กลายเป็นหินเป็นกลุ่มพืชเมล็ดเปลือยจัดอยู่ในวงศ์ Araucariaceae ค้นพบครั้งแรกโดย (Hollick & Jeffrey, 1909) จากการค้นพบไม้กลายเป็นหินที่มีอายุอยู่ในยุคครีเทเชียสตอนต้นจากประเทศสหรัฐอเมริกา (Hollick & Jeffrey, 1909) หลังจากนั้นชื่อนี้ได้ถูกนำไปใช้โดยนักพฤกษศาสตร์ชาวอเมริกาหลายคนซึ่งนำไปใช้ตั้งชื่อไม้กลายเป็นหินของมหายุคมีโซโซอิกอย่างแพร่หลาย โดยการตั้งชื่อไม้กลายเป็นหินในอยู่ในสกุลนี้ถูกใช้ลักษณะกายวิภาคที่โดดเด่นและให้คำจำกัดความสำหรับสกุล *Brachyoxylon* ที่ต่างกัน เช่น ผู้เขียนบางคนให้ความสำคัญเป็นพิเศษกับการมีท่อน้ำยาง (traumatic resin canal) (Torrey, 1923) ในขณะที่บางคนเน้นไปที่การมี radial pitting แบบ araucarian (Eckhold, 1923) จนกระทั่งได้มีเสนอว่า การตั้งชื่อสกุล *Brachyoxylon* ควรให้ความสำคัญกับไม้กลายเป็นหินที่มี tracheid pitting แบบ mixed มี cross-field pits แบบ araucarian และ/หรือ มีท่อน้ำยาง (Bamford & Philippe, 2001) ตัวอย่างกายวิภาคของไม้กลายเป็นหินสกุล *Brachyoxylon* แสดงในภาพที่ 7

Brachyoxylon นั้นอยู่ในช่วงเวลาที่กว้างมากจาก boreal และ Gondwana (ภาพที่ 6) ตั้งแต่ยุคเพอร์เมียนจนถึงปลายยุคครีเทเชียส การกระจายทางภูมิศาสตร์บรรพกาลพบได้ทั่วไปใน boreal area (สหรัฐอเมริกา ตุนิเซีย ญี่ปุ่น กัมพูชา ไทย ฝรั่งเศส และโรมาเนีย) ซึ่งพบได้มากกว่าในเขต Gondwana (Tian et al., 2018)



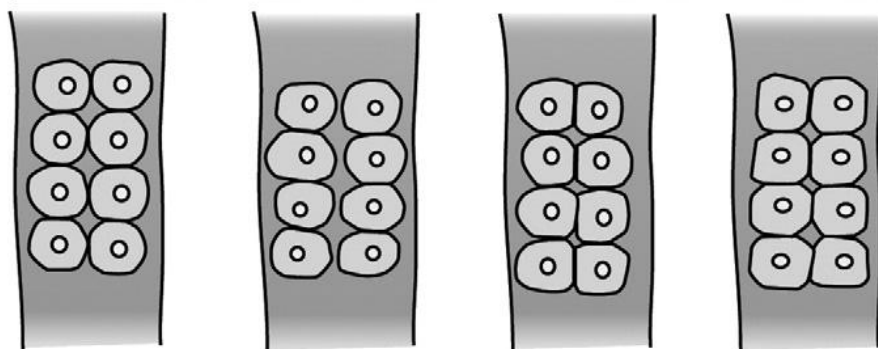
ภาพที่ 6 แสดงการกระจายทางภูมิศาสตร์ของไม้กลายเป็นหินสกุล *Brachyoxylon* Hollick & Jeffrey, 1909 ใน (GBIF Global Biodiversity Information Facility, 2023b)



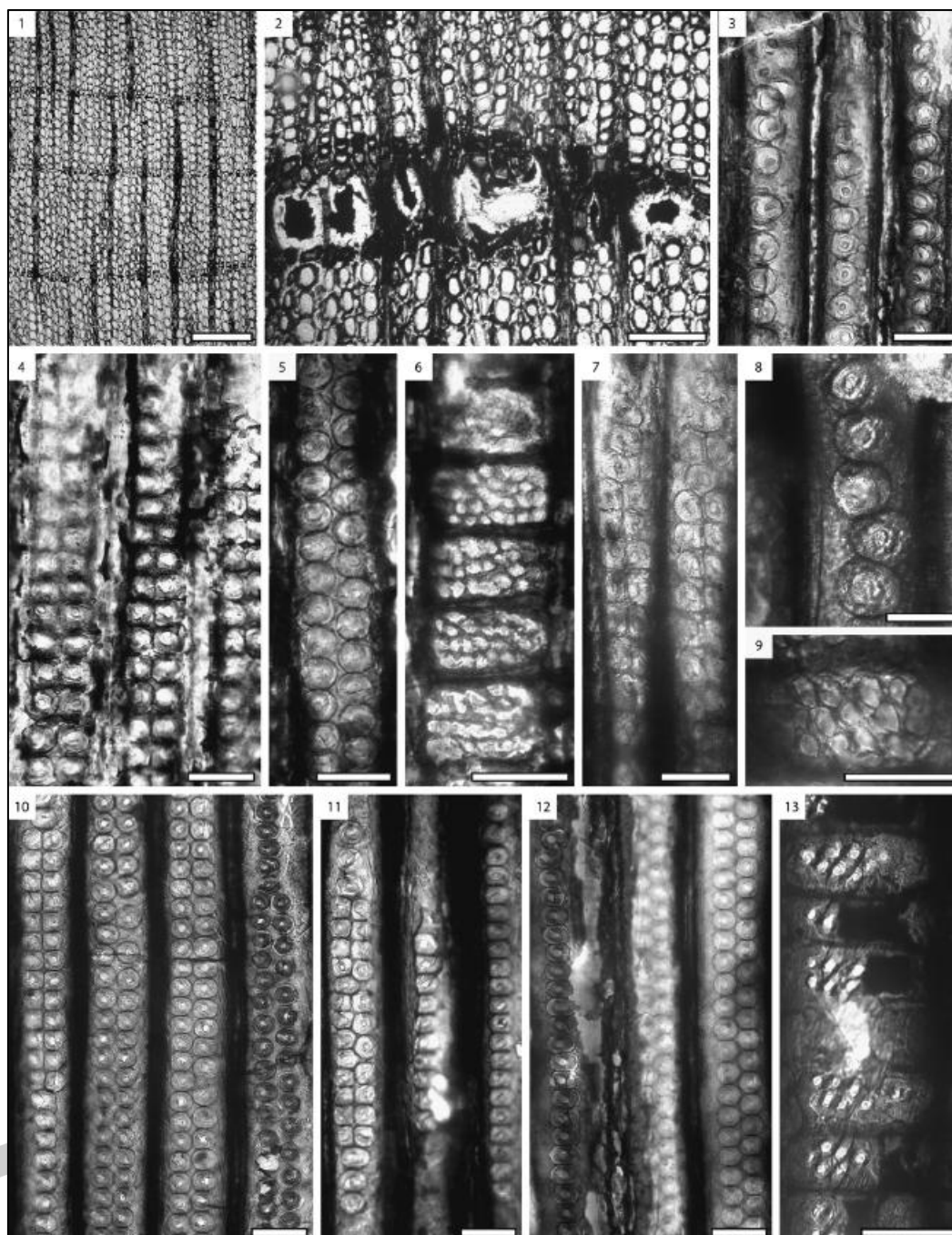
ภาพที่ 7 แสดงกายวิภาคของไม้กลายเป็นหิน *Brachyoxylon holbavicum*
(lamandei et al., 2018)

(3.) *Shimakuroxylon* Philippe, Boura, Oh, & Pons

Shimakuroxylon เป็นไม้กลายเป็นหินสกุลใหม่ที่ตั้งชื่อเป็นเกียรติแก่นักพฤกษศาสตร์ชาวญี่ปุ่น Misaburo Shimakura จากการปรับปรุงข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางกายวิภาคของไม้กลายเป็นหินมหายุคมีโซโซอิกที่มี cross-field pits แบบ araucarioid และมี radial pitting แบบผสม (mixed type) ได้แก่ *Baieroxylon cambodgiense* Serra, *Brachyoxylon boureaui* Serra, *Brachyoxylon nonakai* Yamazaki & Tsunada, *Dadoxylon japonicum* Shimakura, *Mesembrioxylon chichibuense* Nishida & Nishida, *Protopodocarpoxyton orientale* Serra, *Protopodocarpoxyton paraorientale* Serra และ *Prototaxoxylon japonicum* Nishida & Oishi ที่มีปัญหาด้านอนุกรมวิธาน เนื่องจากมีการค้นพบไม้กลายเป็นหินจำนวนมากขึ้นจึงมีการตรวจสอบเพิ่มเติมและพบว่า จำนวนของ cross-field pits มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน และยังมีการไล่ระดับกันอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะในตัวอย่างที่มีความคล้ายคลึงกัน (ตารางที่ 3) รวมถึงการมี radial pitting แบบ *japonicum* (ภาพที่ 8) ตั้งแต่ 10% ขึ้นไปคิดเปอร์เซ็นต์จาก radial pitting ที่พบทั้งหมดในตัวอย่าง ไม้กลายเป็นหินเหล่านี้พบในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และมีการกระจายพันธุ์เป็นวงกว้างตั้งแต่ช่วงปลายยุคไทรแอสสิกถึงปลายยุคครีเทเชียส (Serra, 1966a, 1966b, 1968, 1969; Yamazaki & Tsunada, 1981; Nishida & Oishi, 1982; Nishida & Nishida, 1983; Philippe et al., 2014) ลักษณะทางกายวิภาคของไม้กลายเป็นหินสกุล *Shimakuroxylon* แสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 8 แสดง radial pitting แบบ *japonicum* ซึ่งมีลักษณะเป็น biseriate opposite (Philippe et al., 2014)



ภาพที่ 9 แสดงกายวิภาคของไม้กลายเป็นหิน *Shimakuroxylon japonicum*
(Philippe et al., 2014)

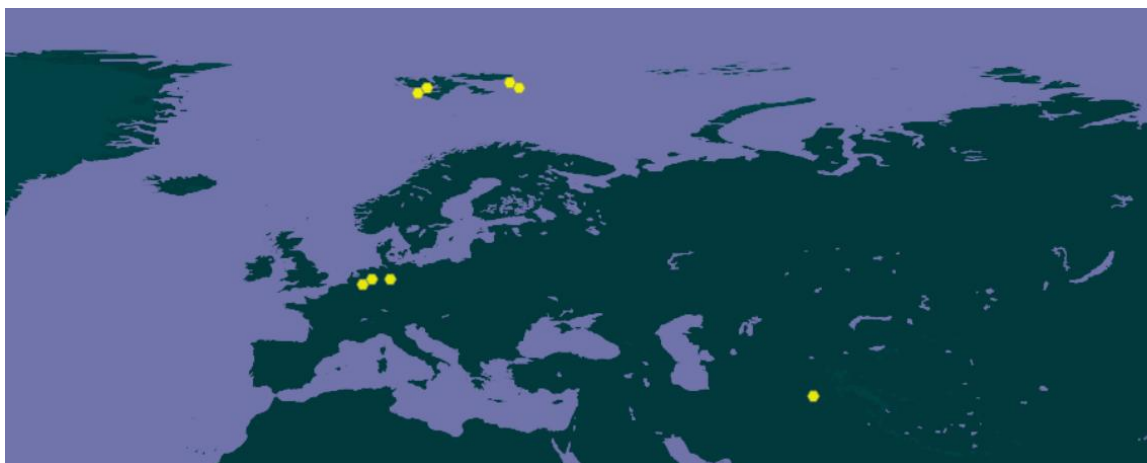
ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายวิภาคของไม้กลายเป็นหินที่มี radial pitting แบบ Japonicum ซึ่ง Philippe et al. (2014) ได้ตรวจสอบจากโฮโลไทป์อีกครั้ง (ยกเว้น *Brachyoxylon nonakai* ที่เกิดการสูญหาย) ทั้งหมดเป็นไม้กลายเป็นหินที่มี cross-field pits แบบ araucarioid อธิบายอักษรย่อ: Trp = Tracheid radial pitting, C = Cross-field pits, G = Growth rings, R = Resin ducts, Ap = Axial parenchyma, Tp = Tangential tracheid pitting, R = Ray, o = opposite, a = alternate, d = distinct, i = indistinct, t = traumatic, +: present, -: absent

Species	Trp	C	G	R	Ap	Tp	R (cells)
<i>Baieroxylon cambodgiense</i> Serra	1-2(3), o or a	2-20	d	-	-	-	2-10
<i>Brachyoxylon boureaui</i> Serra	1-2	12-36	d	t	-	-	5-11
<i>Brachyoxylon nonakai</i> Yamazaki & Tsunada	1-2-(3-4), a or o	5-14	d	t	-	+	3-10
<i>Dadoxylon japonicum</i> Shimakura	1-2(3), o or a	5-14	i	-	-	+	3-10
<i>Mesembrioxylon chichibuense</i> Nishida & Nishida	1-2, a or o	1-8	i	-	+	+	3-10
<i>Protopodocarpoxylon orientale</i> Serra	1-2, a or o	4-8	i	-	-	-	4-7
<i>Protopodocarpoxylon paraorientale</i> Serra	1-(2), o	5-10	d	-	+	-	3-11
<i>Prototaxoxylon japonicum</i> Nishida & Oishi	1-2(3), o or a	4-16	i	-	-	-	4-10

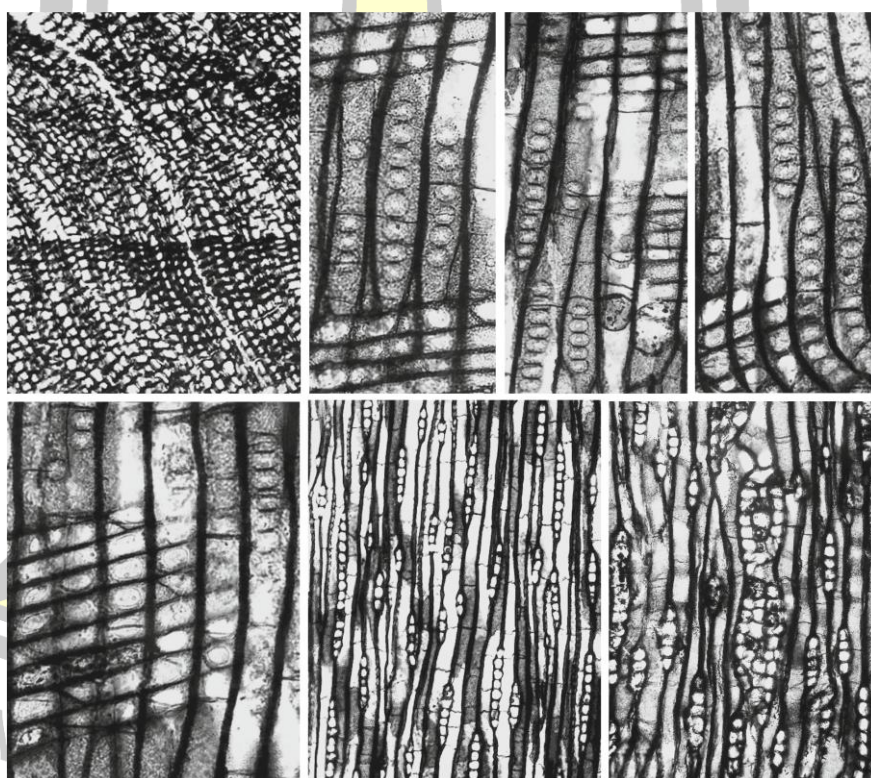
(4.) *Xenoxylon* Gothan

ไม้กลายเป็นหินสกุล *Xenoxylon* ค้นพบครั้งแรกโดย Gothan ในปี 1905 เป็นพืชที่มีความหลากหลายในมายุคมีโซโซอิก ตั้งแต่ปลายยุคไทรแอสซิก – ปลายยุคครีเทเชียส สังคมพืชสกุล *Xenoxylon* มีความการจำกัดการกระจายพันธุ์เพียงแคในทวีปยูเรเชีย (Eurasia) (ประกอบด้วย ทวีปยุโรปและทวีปเอเชีย) (ภาพที่ 10) เท่านั้น เป็นตัวบ่งชี้สภาพอากาศแบบหนาวเย็นและเปียกชื้น ในช่วงแรกๆที่เริ่มมีการกระจายพันธุ์ของพืชสกุล *Xenoxylon* นั้น คือ ช่วงปลายยุคไทรแอสซิกในสกุลนี้แต่ยังคงมีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ต่ำเพียง 3 สายพันธุ์ (genera) ต่อมาในช่วงต้น – กลางยุคจูแรสซิกความหลากหลายของชนิดพันธุ์มีเพิ่มมากขึ้นมากถึง 27 สายพันธุ์ เมื่อปลายยุคครีเทเชียสมีการกระจายพันธุ์ที่น้อยลงและสูญพันธุ์ไปในที่สุด ลักษณะทางกายวิภาคของไม้กลายเป็นหินสกุล *Xenoxylon* แสดงในภาพที่ 11

พูน ปณ ทิโต ชเว



ภาพที่ 10 แสดงการกระจายทางภูมิศาสตร์ของไม้กลายเป็นหินสกุล *Xenoxylon* Gothan, 1905 ใน (GBIF Global Biodiversity Information Facility, 2023c)



ภาพที่ 11 แสดงกายวิภาคของไม้กลายเป็นหิน *Xenoxylon phyllocladoides* Gothan (Afonin, 2019)

2.4 ธรณีวิทยาในพื้นที่วิจัย

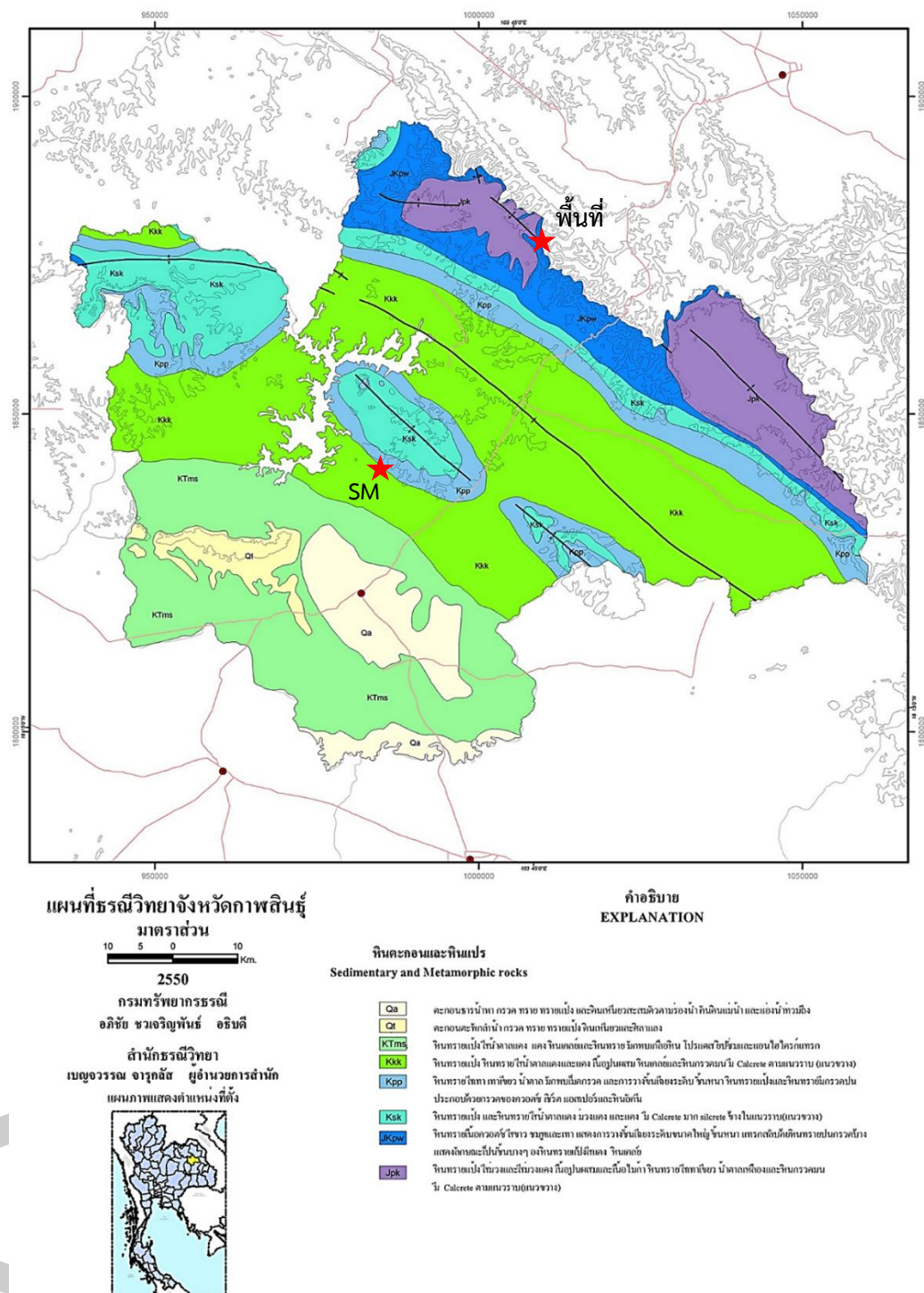
กลุ่มหินโคราช (Khorat Group) เป็นชั้นหินสีแดงมหายุคมีโซโซอิกซึ่งส่วนใหญ่สะสมตัวบนภาคพื้นทวีป มีอายุตั้งแต่ยุคไทรแอสซิกตอนปลายถึงยุคครีเทเชียส-เทอร์เชียรี ชั้นหินมีความเอียงลาดเล็กน้อยสู่ใจกลางแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร กลุ่มหินโคราชวางตัวแบบไม่ต่อเนื่องบนหินยุคที่แก่กว่า โดยที่ส่วนล่างสุดมักพบชั้นหินกรวดมน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นตะกอนกลุ่มหินโคราชเกือบทั้งหมด อีกทั้งยังพบตะกอนกลุ่มหินโคราชในบางจุดของภาคเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้ของประเทศไทย ปัจจุบันกลุ่มหินโคราชแบ่งออกเป็น 9 หมวดหิน (ภาพที่ 12) โดยมีลำดับจากล่างไปหาบนได้ คือ หมวดหินห้วยหินลาด หมวดหินน้ำพอง หมวดหินภูกระดึง หมวดหินพระวิหาร หมวดหินเสาขัว หมวดหินภูพาน หมวดหินโคกกรวด หมวดหินมหาสารคาม และหมวดหินภูทอก (กรมทรัพยากรธรณี, 2550a)

แหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูป้อและแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อยเป็นตะกอนที่สะสมตัวในช่วงมหายุคมีโซโซอิก ในหมวดหินภูกระดึง อายุประมาณ 150-135 ล้านปี (ภาพที่ 13) การสะสมตัวประกอบด้วยหินทรายแป้ง หินทรายสีเทาอมเขียว หินโคลน หินกรวดมนเนื้อปูนผสม มีแร่ไมกาปะปน และพบชั้นหินปูนบาง ๆ สลับกับชั้นหินสีเทาแกมแดง ในบริเวณภูกระดึงความหนาของชั้นหินนี้ประมาณ 1,001 เมตร จากการลำดับชั้นหิน (กรมทรัพยากรธรณี, 2550a)

การกำหนดอายุของหมวดหินภูกระดึงยังคงเป็นประเด็นที่ถกเถียงกันในแวดวงธรณีวิทยา โดยข้อมูลจากซากดึกดำบรรพ์สัตว์มีกระดูกสันหลังบ่งชี้ว่าอายุของชั้นหินภูกระดึงอยู่ในช่วงปลายยุคจูแรสซิก (Buffetaut et al., 2001; Buffetaut & Suteethorn, 2007; Tong et al., 2009; Cuny et al., 2014; Martin et al., 2016; 2019) อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ธรณีวิทยากลับสนับสนุนว่าอายุของชั้นหินนี้อยู่ในช่วงต้นยุคครีเทเชียส (Racey et al., 1996; Racey & Goodall, 2009) ลักษณะของชั้นหินยังแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในช่วงเวลาที่เกิดการสะสมตะกอน โดยส่วนบนของหมวดหินมีหินทรายเป็นองค์ประกอบหลัก บ่งชี้ได้ว่าบริเวณแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูป้อและแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อยเกิดจากการสะสมตัวของตะกอนหนอง บึง หรือแม่น้ำที่มีสภาพทางน้ำแบบโค้งตัวตื้น กระแสน้ำที่รุนแรงในร่องน้ำ ภายใต้สภาพภูมิอากาศแบบกึ่งแห้งแล้งถึงชื้นที่มีฤดูกาลแตกต่างกันอย่างชัดเจน (Racey & Goodall, 2009) ส่วนล่างของหมวดหินแสดงลักษณะของการสะสมตะกอนบริเวณขอบทะเลสาบ (Sattayarak, 1983; Mouret, 1994; Racey et al., 1996; Racey & Goodall, 2009)

Age	Group	Formation	Key Events	Environment
TERT.		---	---	---
CRETACEOUS	LATE	Phu Tok	HIMALAYAN OROGENY Major uplift and erosion of >3km of sediment plus formation of long wavelength folds. 500 - 1500km left-lateral displacement and palaeomagnetic data indicate the Khorat Basin was located within Southern China (Sichuan)(see fig. 11).	Aeolian & Fluvial
		Maha Sarakham	Rimmed and isolated intracontinental basin.	Fluvial & Aeolian
		Khok Kruat	MID-CRETACEOUS EVENT Inversion, uplift and erosion plus initiation of Phu Phan Uplift to separate Khorat Basin in south from Sakon Nakhon Basin in north.	Hypersaline lake within an arid desert
	EARLY	Phu Phan	Possible BARREMIAN-APTIAN EVENT suggested by palaeomagnetic data and marked erosion of Sao Khua Formation.	Fluvial to Paralic
		Sao Khua		Braided river system
		Phra Wihan		Alluvial floodplain
		Phu Kradung		Braided river system
	JURASSIC	Upper Nam Phong	'CIMMERIAN' EVENT (Indosinian III orogeny) Marked by Jurassic-Hiatus and unconformity along southern edge of Khorat Basin.	Lacustrine dominated alluvial floodplain
		Lower Nam Phong	INDOSINIAN II OROGENY Major uplift, erosion and peneplanation. Inversion of Triassic half-grabens.	Fluvial braided and meandering rivers
TRIASSIC	LATE	Huai Hin Lat	Extension and half-graben development.	Alluvial fans and floodplain (only seen in basin centre)
		Hua Na Kham	INDOSINIAN I OROGENY (Late Permian-Mid Triassic) Major uplift, erosion and peneplanation.	Lacustrine and fluvial with volcanics in lower part
PERMIAN	LATE	Pha Nok Khao		Shallow marine

ภาพที่ 12 ลำดับชั้นหินและการสะสมของตะกอนนมหายุคมีโซโซอิก ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย (Racey & Goodall, 2009)



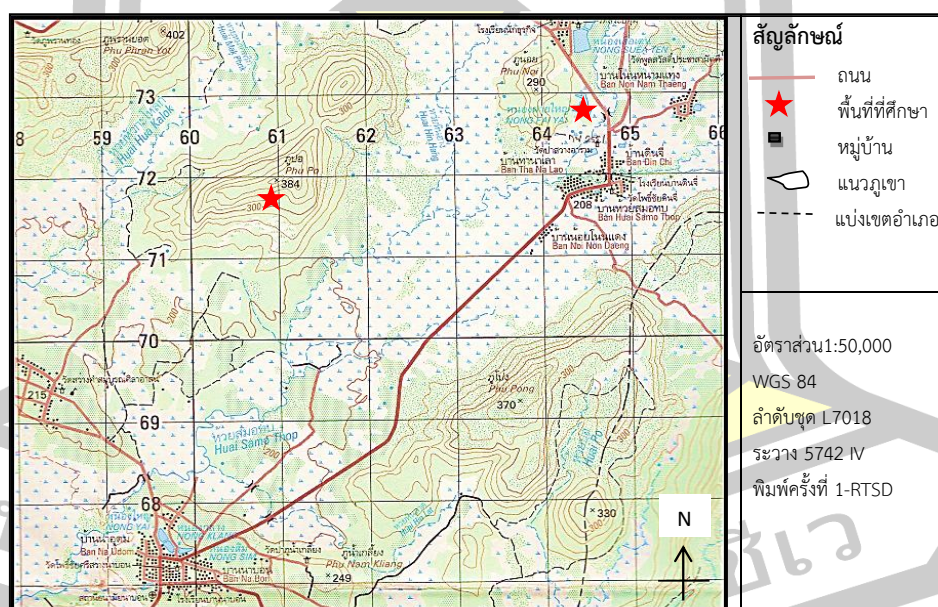
ภาพที่ 13 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดกาฬสินธุ์; SM = พิพิธภณธ์สิรินธร
(ดัดแปลงจาก: กรมทรัพยากรธรณี, 2550b)

2.5 พื้นที่วิจัย

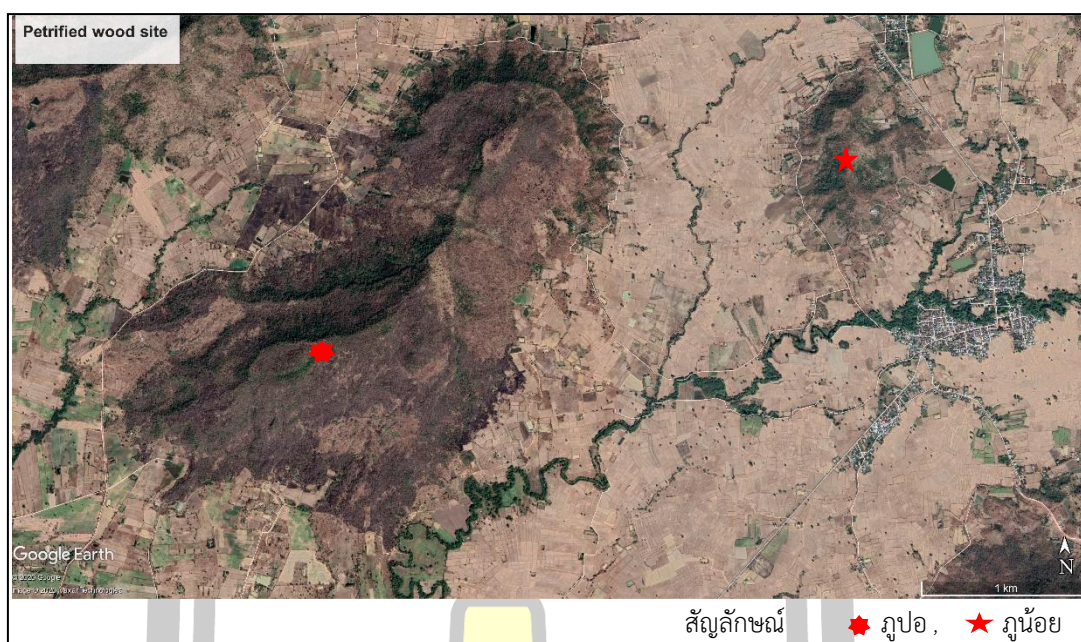
แหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูโป บ้านคำสมบูรณ์ ตำบลนาบอน อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ (ภาพที่ 14, 15, 16) ละติจูด $16^{\circ} 55' 15.07''$ ลองจิจูด $103^{\circ} 41' 1.42''$ อยู่ห่างจาก จังหวัดกาฬสินธุ์ประมาณ 72 กิโลเมตร การเดินทางได้ 2 เส้นทางคือผ่านถนนหมายเลข 227 และ ถนนหมายเลข 12 ใช้เวลาเดินทางประมาณประมาณ 1 ชั่วโมง 10 นาทีเท่ากันทั้งสองเส้นทาง จาก แหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูโปเดินทางต่อทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 10 นาที จะถึงแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อย (ภาพที่ 14, 15, 17)

2.5.1 สภาพแวดล้อมและสังคมป่าไม้ในพื้นที่วิจัย

แหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูโปและแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อยเป็นป่าเบญจพรรณ หรือป่าผลัดใบผสม (mixed deciduous forest) ซึ่งพบได้กระจายกระจายเป็นหย่อมเล็ก ๆ ใน ภาควะวันออกเฉียงเหนือ (ธวัชชัย สันติสุข, 2549) มีลักษณะเป็นป่าโปร่ง ต้นไม้ลำต้นสูง กลาง และ ต่ำอยู่สลับกัน มีต้นไม้ขึ้นกระจายอยู่ทั่วไป ดิน เป็นดินที่สลายมาจากหินตะกอน ต้นไม้ส่วนใหญ่จะ ผลัดใบในฤดูฝน เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนจะผลิใบเต็มต้น



ภาพที่ 14 แผนที่ภูมิประเทศแสดงแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูโปและแหล่งขุดค้นภูน้อย อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ (ดัดแปลงจาก: กรมแผนที่ทหาร, 2551)



ภาพที่ 15 แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศแสดงแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินรูปอและแหล่งชุดคั่นรูปนอย อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ พิกัด $16^{\circ}55'41.23''\text{N}$, $103^{\circ}42'15.44''\text{W}$ ความสูงระดับสายตา 5.72 กม. (Google Earth Pro, 2020)



ภาพที่ 16 ทางเข้าแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินรูปอ พ.ศ. 2561 (ภาพโดยศุภณัฐ บุตรราช)



ภาพที่ 17 ภาพถ่ายทางอากาศแหล่งซากดึกดำบรรพ์ฟอสซิลพืชด้วยอากาศยานไร้คนขับ
(ภาพโดยสุรเวช สุธีธร)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 การศึกษาซากดึกดำบรรพ์พืชในประเทศไทย

Asama (1973) ดำเนินการสำรวจทางธรณีวิทยาในที่ราบสูงโคราชตั้งแต่เดือนธันวาคม ค.ศ. 1963 ถึงเดือนมกราคม ค.ศ. 1964 ณ แหล่งฟอสซิลพืชอำเภอลำสนัก จังหวัดเพชรบูรณ์ (กม. 122-123 ทางหลวงพิษณุโลก-หล่มสัก) โดยในหมวดหินห้วยหินลาด ใกล้กับอำเภอยางชุมแพ จังหวัดขอนแก่น พบซากดึกดำบรรพ์พืช จำนวน 8 ชนิด ประกอบด้วย *Equisetites arenaceous* (Jaeger) Schenk *Equisetites naitoi* Kon'no *Neocalamites* cf. *hoerensis* (Schimper) Halle *Clathropteris meniscoides* Brongniart *Todites goeppertianus* (Muenster) Krasser *Nilssonia thailandica* Kon'no & Asama *Anomozamites minor* (Brongn) Nathorst *Elatocladus* sp. จากตัวอย่างทั้งหมดพบ *Equisetites arenaceous* มากถึง 90% สะท้อนกลุ่มพืชพรรณแบบ Dictyophyllum–Clathropteris ที่แพร่หลายในแถบเอเชียฟิสิกตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญทางบรรพชีวินวิทยาของพื้นที่นี้

Benyasuta (2003) ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพและสภาพนิเวศวิทยาของพรรณไม้ยืนต้นในมหายุคซีโนโซอิกโดยใช้ไม้กลายเป็นหินที่พบในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ และขอนแก่น จำแนกชนิดได้เป็น *Albizia lebbeck* (L.) Benth., *Anogeissus acuminata* (Roxb. ex DC.) Guill. & Perr., *Aquilaria* sp., *Careya sphaerica* Roxb., *Dialium cochinchinense* Pierre, *Dracontomelon dao* (Blanco) Merr. & Rolfe, *Duabanga grandiflora* (Roxb. ex DC.) Walp, *Holarrhena pubescens* Wall. ex G. Don, *Homalium tomentosum* (Vent.) Benth., *Millettia leucantha* Kurz, *Pahudioxylon sahnii* Ghosh and Kazmii, *Palmoxylon* sp. จำนวน 4 ชนิด ในสมัยไมโอซีนถึงสมัยไพลสโตซีนพบพืช 3 ชนิด ได้แก่ *Protium serratum* (Colebr.) Engl., *Terminalia alata* Heyne ex Roth, และ *Wrightia arborea* (Dennst.) Mabberley พรรณไม้ที่จำแนกได้เป็นชนิดเดียวกับพรรณไม้ที่พบอยู่ทั่วไปในป่าดิบแล้ง และป่าเบญจพรรณบนที่ราบสูงโคราชในปัจจุบัน บ่งชี้ว่าสภาพภูมิอากาศของที่ราบสูงโคราชในสมัยไมโอซีน-สมัยไพลสโตซีน มีสภาพใกล้เคียงกับสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน

Boonchai (2008) ได้ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพและเปรียบเทียบกายวิภาคศาสตร์ของไม้กลายเป็นหิน ในสถาบันวิจัยไม้กลายเป็นหินและทรัพยากรธรณีภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดนครราชสีมา ศึกษาไม้กลายเป็นหินในชั้นหินกรวดมหายุคซีโนโซอิก จำนวน 23 ตัวอย่าง จำแนกเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ อย่างน้อย 7 วงศ์ 10 สกุล 17 ชนิด รวมไปถึง cf. *Mangiferoxylon* sp. 1, cf. *Mangiferoxylon* sp. 2, (วงศ์ Anacardiaceae), *Canarium* sp. (วงศ์ Burseraceae), *Terminalia* sp. vel *combratum* sp., *Terminalia* sp.1, *Terminalia* sp. 2 (วงศ์ Combretaceae), *Irvingia* sp. (วงศ์ Irvingiaceae), *Cynometroxylon holdeni*, *Cynometroxylon* sp., cf. *Cynometroxylon* sp. 1, cf. *Cynometroxylon* sp. 2, cf. *Millettia* sp. 1, cf. *Millettia* sp. 2 (วงศ์ Leguminosae), *Carrya* sp. 1, *Carrya* sp. 2 (วงศ์ Lecythidaceae), *Azadirachta* sp. (Meliaceae), และ Family indet. ความหลากหลายของพรรณไม้บรรพกาลมีความใกล้เคียงกับพรรณไม้ที่พบในป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และป่าดิบแล้งปัจจุบัน แสดงถึงสภาพภูมิอากาศที่ร้อนชื้นสลับแล้งและร้อนชื้นแบบมรสุม ซึ่งไม่ต่างกับสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน

ประเทือง จินตสกุล (2551) ศึกษาไม้กลายเป็นหินในยุคเพอร์เมียน จำแนกได้เป็นชนิด *Dadoxylon walchiopremnoides* (Votziales) ซึ่งเป็นพืชเมล็ดเปลือยจำพวกสน นอกจากนี้ ยังมี

รายงานการจำแนกตัวอย่างไม้กลายเป็นหินจากแหล่งอื่นของจังหวัดเพชรบูรณ์พบพืชเมล็ดเปลือยในกลุ่มแปะก๊วย (Ginkgophyta) ซึ่งคล้ายคลึงกับ *Ginkgophytoxylon permienne* ไม้กลายเป็นหินที่พบทางตอนใต้ของประเทศฝรั่งเศส ซึ่งถือเป็นข้อบ่งชี้ว่าพืชในกลุ่ม Euramerican ได้เข้ามาถึงภาคกลางของประเทศไทยในช่วงกลาง-ปลายยุคเพอร์เมียน (ประเทือง จินตสกุล, 2551)

ประเทือง จินตสกุล (2551) รายงานการวิจัยไม้กลายเป็นหินที่เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ยุคเทอร์เชียรีในประเทศไทย พบว่าซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เป็นพืชในวงศ์ย่อยราชพฤกษ์ ได้แก่ *Pahudioxylon sahnii* Ghosh & Kazmi ลักษณะคล้ายไม้มะค่าโมงปัจจุบัน, *Cynometroxylon parinaequifolium* ไม้พวงสกุลมะคะ มังคาก, ไม้วงศ์ย่อยประดู่ *Millettioxylon indicum* Awasthi คล้ายไม้ในสกุลกระทิงเขาควาย, ไม้วงศ์สมอ *Anogeissoxylon thailandicum* คล้ายไม้สกุลตะเคียนหนู และไม้ในวงศ์จิก *Dryoxylon siamensis* (ประเทือง จินตสกุล, 2551)

Laveine et al (2009) ศึกษาซากไม้ดึกดำบรรพ์ที่เก่าแก่ที่สุดในประเทศไทย เป็นการศึกษาร่วมกันระหว่างนักวิจัยไทยและฝรั่งเศสเกี่ยวกับพืชในยุคคาร์บอนิเฟอรัส จากเหมืองถ่านหิน อำเภอนาดูน จังหวัดเลย ในจำนวนตัวอย่างที่ศึกษา มีชิ้นส่วนลำต้นของ *Lepidodendron* sp., *Archaeocalamites* sp., และ *Cordaite* sp. ซึ่งถือได้ว่าเป็นซากดึกดำบรรพ์ลำต้นที่เก่าแก่ที่สุดในประเทศไทย

2.6.2 การศึกษาไม้กลายเป็นหินมหายุคมีโซโซอิกในประเทศไทย

Philippe และคณะ (2004) สำรวจไม้กลายเป็นหินจากหลายแห่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ในกลุ่มหินโคราช บริเวณใกล้เคียงกับจังหวัดอุดรธานี อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ และในเทือกเขาภูพานโดยเฉพาะบริเวณอำเภอนาหวาง การวิเคราะห์ทางกายวิภาคศาสตร์พบไม้กลายเป็นหินบางตัวอย่างมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับชนิดพันธุ์ 4 ชนิดจากหลายประเทศ คือ *Araucarioxylon saravanensis* ถูกบรรยายลักษณะโดย (Vozenin-Serra & Privé-Gill, 1989) จากสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว *Brachyoxylon bourequi* จากฐานข้อมูล Grès Supérieurs ของประเทศกัมพูชา นอกจากนี้ 2 ชนิดที่กล่าวมาข้างต้นยังพบตัวอย่างที่มีลักษณะที่ใกล้เคียงกับพืช 2 ชนิดพันธุ์ คือ *Brachyoxylon orientale* และ *Dadoxylon (Araucarioxylon) japonicum* ซึ่งไม่สามารถบ่งชี้ว่าเป็น *Protopodocarpoxyton* ได้จึงกำหนดให้เป็น *Brachyoxylon*

Poosongsee (2014) ศึกษากายวิภาคศาสตร์ไม้กลายเป็นหินจำนวน 4 ตัวอย่าง จากหมวดหินภูกระดึงของกลุ่มหินโคราช ซึ่งมีอายุอยู่ในยุคจูแรสซิกตอนปลาย-ครีเทเชียสตอนต้น โดยตัวอย่าง

จากแหล่งไม้กลายเป็นหินรูปอ อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ พบไม้กลายเป็นหิน 2 สกุล คือ *Ginkgoxylon* และ *Lhassoxylon* สันนิษฐานว่าพื้นที่ดังกล่าวเคยมีพืชทั้ง 2 สกุลกระจายพันธุ์อยู่ ซึ่งพืชทั้งสองสกุลเป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาพภูมิอากาศแบบอบอุ่น

ตารางที่ 4 ชนิดพันธุ์ของไม้กลายเป็นในมหายุคมีโซโซอิกของประเทศไทย

ชนิด	สถานที่พบ	หมวดหิน	อ้างอิง
<i>Agathoxylon saravanensis</i>	แนวเทือกเขาภูพาน	ภูกระดึง พระวิหาร เสาข้าว	(Philippe et al., 2004)
<i>Agathoxylon</i> sp.	ภูปอ	ภูกระดึง	(Boonchai et al., 2020)
<i>Araucarioxylon japonicum</i>	Phu Tang Kwian	ภูกระดึง	(Asama Kazuo et al., 1981)
<i>Araucarioxylon</i> sp.	บ้านกุดบอด แนวเทือกเขาภูพาน	ภูกระดึง	(Kobayashi, 1960; Philippe et al., 2004)
<i>Brachyoxylon boureauii</i>	ไม่มีข้อมูล	ภูกระดึง	(Philippe et al., 2004)
<i>Brachyoxylon orientale</i>	ไม่มีข้อมูล	ภูกระดึง	(Philippe et al., 2004)
<i>Brachyoxylon rotnaense</i>	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	(Philippe, 2011)
<i>Brachyoxylon serrae</i>	ไม่มีข้อมูล	ภูกระดึง	(Philippe, 2011)
<i>Brachyoxylon</i> sp.	ไม่มีข้อมูล	ภูกระดึง พระวิหาร	(Philippe et al., 2004)
<i>Homoxylous tracheidoxyl</i>	ไม่มีข้อมูล	น้ำพอง ภูกระดึง	(Philippe et al., 2015)
Podocarpaceae	ในแหล่งรอยดินไดโนเสาร์ ภูแฝก	ด้านบนของภูกระดึง	park rangers
<i>Shimakuroxylon japonicum</i>	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ	ภูพาน ภูกระดึง	(Philippe et al., 2015)
<i>Xenoxylon</i> sp.	ภูปอ	ภูกระดึง	(Boonchai et al., 2020)

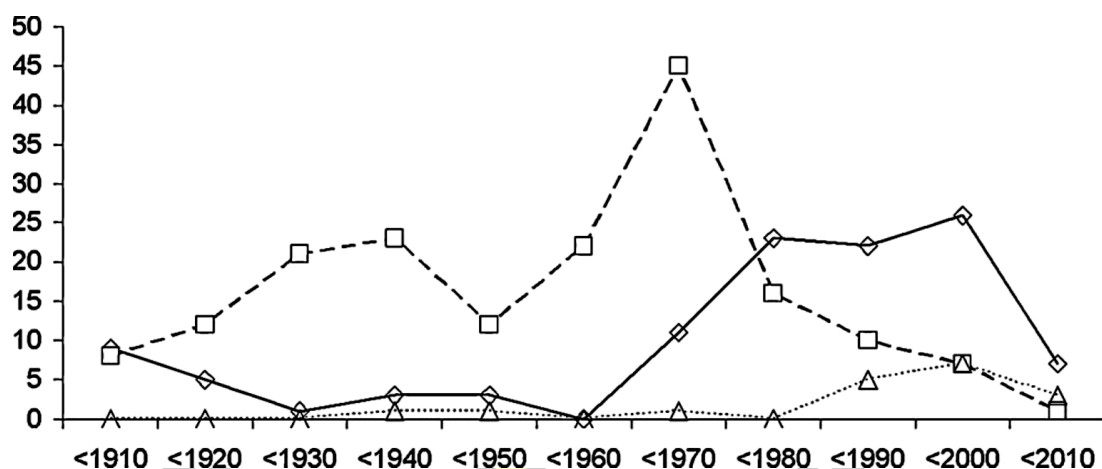
จากในตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าในประเทศไทยพบไม้กลายเป็นหินในกลุ่มพืชเมล็ดเปลือยในอันดับสนอยู่มาก โดยมีสกุล *Agathoxylon* และสกุล *Xenoxylon* เป็นไม้กลายเป็นหินที่พบในแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินเป็นรูปอ ผู้วิจัยจึงสนใจการศึกษาพืชสองสกุลนี้เป็นอย่างมาก

2.6.3 การศึกษาไม้กลายเป็นหินในต่างประเทศ

Kershaw และ Wagstaff (2001) พบความหลากหลายของสนวงศ์ *Araucariaceae* ที่ออสเตรเลียในยุคซีโนโซอิกตอนต้น พบหลักฐานว่า *Araucariaceae* มีความหลากหลายตั้งแต่ช่วงยุคไทรแอสซิก และมีความหลากหลายเพิ่มมากขึ้นในยุคจูแรสซิกเรื่อยมา อีกทั้งยังมีความหลากหลายในกอนด์วานา (Gondwana) ด้วย

Philippe และ Bamford (2008) ได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่ศึกษาอนุกรมวิธานเนื้อไม้และการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ไม้กลายเป็นหิน เนื่องจากการศึกษาที่ผ่านมา มีการบรรยายลักษณะและการจัดตั้งตัวอย่างต้นแบบไม่สอดคล้องกับวิธีการศึกษาสมัยใหม่ และหลักการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ของระบบชื่ออนุกรมวิธานพืชสากล (ICBN) นอกจากนี้บางตัวอย่างยังมีการบรรยายลักษณะที่มีความสับสนและอธิบายผิดพลาด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการตรวจสอบเอกสารไม้กลายเป็นหินจำพวกสนที่มีอายุในมหายุคมีโซโซอิก และทำการศึกษตัวอย่างต้นแบบเท่าที่จะทำได้ตามที่มิในรายงานของระบบชื่ออนุกรมวิธานพืชสากล นอกจากนี้ยังมีการบรรยายลักษณะของเนื้อไม้ให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น และได้จัดรูปวิธานเพื่อใช้ในการระบุชื่อวิทยาศาสตร์ของไม้กลายเป็นหิน

Philippe (2011) พบว่ามีการอธิบายลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ *Araucarioxylon* ไว้มากกว่า 400 ชนิด ในรายงานนี้มีการวิเคราะห์ฐานข้อมูล *Araucarioxylon* ที่มีอยู่ทั้งหมด 428 ชนิด และมี 223 ชนิดที่สามารถบอกได้แน่ชัดว่าเป็นพืชในสกุลนี้อย่างแน่นอน ลักษณะที่ทำให้จำแนกได้ว่าเป็น *Araucarioxylon* คือ การมี radial pitting แบบ araucarian, มีเซลล์เรย์ส่วนใหญ่เป็นแบบ uniseriate, ไม่มีหรือมีลวดลายบนผนังของ tracheid ในด้านภาคการตัดขวางเส้นสัมผัสสั้น, มี cross field-pits แบบ araucarioid, ผนังของเซลล์เรย์บางและเรียบ และไม่พบท่อน้ำยาง *Araucarioxylon* ที่ศึกษาแล้วนั้นมีการกระจายตัวที่ไม่ค่อยสม่ำเสมอมากนัก 12.3% ถูกระบุมาจากอินเดีย, 10.5% จากเยอรมนี และ 9.1% จากรัสเซีย ในขณะที่มาดากัสการ์และทางตะวันตกของสหรัฐอเมริกา มีรวมกันแค่ 7% โดย 17% ของชนิดพันธุ์นั้นมีอายุในช่วงเพอร์เมียน และ 7% อยู่ในช่วงจูแรสซิก (ภาพที่ 18)



ภาพที่ 18 จำนวนชนิดที่พบเมื่อเทียบกับเวลาของไม้กลายเป็นหินสกุล *Araucarioxylon* (สี่เหลี่ยมข้าวหลามตัด), *Dadoxylon* (สี่เหลี่ยมจัตุรัส) และ *Agathoxylon* (สามเหลี่ยม) (Philippe, 2011)

Philippe และคณะ (2013) กล่าวว่า *Xenoxylon* เป็นตัวบ่งชี้สภาพภูมิอากาศ ฤดูร้อนสภาพป่าจะค่อนข้างเปียกชื้น การกระจายตัวของ *Xenoxylon* นั้นเป็นที่น่าสนใจอย่างมากในการศึกษาสภาพภูมิอากาศบรรพกาล (palaeoclimatology) ในปัจจุบันมีซากดึกดำบรรพ์พืชไม่น้อยกว่า 31 ชนิดที่ถูกเสนอว่าเป็นสกุลที่มีความสำคัญในเชิงนิเวศวิทยาบรรพกาล (palaeoecological) และภูมิศาสตร์ชีววิทยาบรรพกาล (palaeobiogeographical)

Oh และคณะ (2015) พบว่าการกระจายของ *Xenoxylon* ถูกจำกัดอยู่แค่บริเวณลอเรเชีย (Laurasia) โดยอยู่ในช่วงละติจูดบรรพกาลระดับสูงทางซีกโลกเหนือและจะมีการกระจายไปทางใต้ในช่วงที่มีอากาศเย็นเท่านั้น

Tian และคณะ (2018) ได้ศึกษาไม้กลายเป็นหินสกุล *Brachyoxylon* ในหมวดหิน Guantou ในตอนใต้ของประเทศจีน อายุอยู่ในช่วงครีเทเชียสตอนปลาย ตั้งชื่อชนิดว่า *Brachyoxylon zhejiangense* มีลักษณะทางกายวิภาคที่สำคัญคือ มีวงปีที่ไม่ชัดเจน radial pitting แบบผสม cross-field pits แบบ araucarioid และมีเรย์แบบ uniseriate โดยการศึกษาในครั้งนี้ทำให้เข้าใจองค์ประกอบของป่าในช่วงปลายยุคครีเทเชียสตอนต้นของประเทศจีน อีกทั้งยังช่วยสนับสนุนความเข้าใจเกี่ยวกับความเชื่อมโยงกับ Cheirolepidiaceae ว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับซิสเทมาติก

Boura และคณะ (2021) ได้รวบรวมและอธิบายศัพท์สำหรับใช้ในการอธิบายลักษณะทางกายวิภาคของซากดึกดำบรรพ์ไม้เนื้ออ่อน (fossil softwood) เพื่อให้นักวิจัยในงานอนุกรมวิธานได้สอดคล้องกัน ลดความซ้ำซ้อนในการตั้งชื่อสกุลของซากดึกดำบรรพ์ไม้เนื้ออ่อนจากการใช้คำศัพท์ไม่ตรงกันให้มีมาตรฐานและมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

2.6.4 การศึกษาบรรพชีวินในพื้นที่วิจัย

Buffetaut และคณะ (2001) ศึกษากระดูกสันหลังส่วนหลังของไดโนเสาร์จากหมวดหินภูกระดึงในจังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งมีอายุอยู่ในช่วงปลายยุคจูแรสซิก ตัวอย่างฟอสซิลนี้ได้รับการระบุว่าเป็นของไดโนเสาร์กลุ่มสเตโกซอร์ (Stegosauridae) นับเป็นหลักฐานที่ชัดเจนชิ้นแรกของไดโนเสาร์กลุ่ม Thyreophora ที่ถูกค้นพบในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

Racey และ Goodall (2009) ศึกษาธรณวิทยาชุดใหม่เพื่อทบทวนลำดับอายุของกลุ่มโคราช ซึ่งเป็นชุดชั้นหินตะกอนบนบกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย การวิเคราะห์ด้วยธรณวิทยาพบว่า ชั้นหินน้ำฟองตอนล่างและชั้นหินห้วยหินลาดที่อยู่ลึกลงไปมีอายุในช่วงปลายยุคไทรแอสซิก (Rhaetian) ขณะที่ชั้นหินภูกระดึง พระวิหาร และเสาขวามีอายุอยู่ในช่วงต้นยุคครีเทเชียส (Berriasian–Barremian) และชั้นหินโคกกรวดอยู่ในช่วง Aptian ส่วนชั้นหินภูพานยังไม่มีซากดึกดำบรรพ์ที่ระบุอายุได้ชัดเจน แต่มีความเป็นไปได้ว่าน่าจะอยู่ในยุคครีเทเชียสตอนต้นเช่นกัน เนื่องจากอยู่ระหว่างชั้นที่มีอายุแน่นอนแล้วทั้งสองชั้น

Liard และ Martin (2011) สำรวจพบการตัวของซากสัตว์มีกระดูกสันหลังจำนวนมาก และเปรียบเทียบลำดับชั้นหินกับพื้นที่พบซากดึกดำบรรพ์หลายแห่งในเทือกเขาภูพานกับพื้นที่อ้างอิงในจังหวัดหนองบัวลำภู สามารถยืนยันได้ว่าลักษณะชั้นหินอยู่ส่วนบนของหมวดหินภูกระดึง ข้อมูลจากการวิเคราะห์ยังพบหลักฐานของการเปลี่ยนแปลงในแหล่งสะสมตะกอนของภูมิภาค ซึ่งแสดงให้เห็นถึงช่วงรอยต่อของลำดับชั้นหิน อย่างไรก็ตาม ยังไม่สามารถระบุอายุที่แน่นอนได้ว่าช่วงรอยต่อนี้อยู่ในยุคใดระหว่าง Tithonian (จูแรสซิกตอนปลาย) หรือ Berriasian (ครีเทเชียสตอนต้น) ทั้งนี้แหล่งชุดชั้นซากดึกดำบรรพ์ 2 แห่ง คือ ภูน้อยและโคกสนามอยู่ในชั้นหินที่อยู่ต่ำกว่ารอยต่อนี้กล่าว อาจบ่งชี้ว่ามีอายุอยู่ในช่วงปลายจูแรสซิก

Cuny และคณะ (2014) ศึกษาความหลากหลายของสายพันธุ์ฉลามในอดีต พบสายพันธุ์ใหม่ของสกุล *Acrodus* ซึ่งเป็นการค้นพบที่มีนัยสำคัญในทางบรรพชีวินวิทยาแสดงถึงการมีชีวิตรอดของสกุลนี้หลังจาก Toarcian (จูแรสซิกตอนต้น) และการปรับตัวของมันต่อสิ่งแวดล้อมน้ำจืด ซึ่งไม่ใช่ถิ่นอาศัยดั้งเดิม การศึกษานี้ยังเปิดเผยความหลากหลายของฉลามอื่น ๆ ที่พบร่วมกันใน ได้แก่ *Hybodus* sp. *Jiaodontus* sp. และ *Lonchidion* ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความหลากหลายของสัตว์ใน

ช่วงเวลาทางธรณีนี้นั้นเป็นหลักฐานสนับสนุนถึงระบบนิเวศที่ซับซ้อนของฉลามในพื้นที่ซึ่งครั้งหนึ่งเคยเป็นแหล่งน้ำจืด อีกทั้งการปรากฏของสายพันธุ์เฉพาะ เช่น *Jiaodontus* และโครงสร้างฟันของฉลามไฮโบดอนต์แสดงให้เห็นว่า ชั้นหินส่วนใหญ่ของหมวดหินภูกระดึงมีอายุอยู่ในยุคจูราสสิก อย่างไรก็ตาม การพบ *Heteroptychodus* ที่มักมีความเกี่ยวข้องกับยุคครีเทเชียสตอนต้น แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่ชั้นบนสุดของหมวดหินนี้อาจมีอายุน้อยกว่าที่คาดไว้ แม้จะมีข้อมูลจากซากดึกดำบรรพ์หลายด้านแต่ยังคงมีความไม่แน่นอนเกี่ยวกับอายุที่แน่นอนของหมวดหินภูกระดึงอยู่ เนื่องจากวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน เช่น การวิเคราะห์ด้วยเรณูวิทยา (palynology) และ zircon thermochronology ซึ่งให้ผลการศึกษาที่ไม่สอดคล้องกัน

Martin และคณะ (2016) รายงานการค้นพบกะโหลกศีรษะของจระเข้วงศ์เทเลโอซอริด (Teleosaurid) ซึ่งพบในชั้นดินบริเวณฐานของชุดหินชั้นลำน้ำซึ่งประกอบด้วยชั้นหินทรายและทรายแป้งละเอียดสลับกันหมวดหินภูกระดึงซึ่งมีอายุอยู่ในยุคจูแรสซิกตอนปลาย (Upper Jurassic) คณะผู้วิจัยตรวจสอบว่าสัตว์เหล่านี้อาศัยอยู่ในน้ำจืดหรือน้ำเค็ม โดยใช้เทคนิคเลเซอร์ร่วมกับเครื่อง mass spectrometry (MC-ICP-MS) เพื่อวัดอัตราส่วนไอโซโทปของ strontium ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) จากเคลือบฟันและเนื้อฟัน นอกจากนี้ยังประมาณค่าความเข้มข้นของธาตุ strontium ในเนื้อเยื่อฟันจากสัญญาณที่ได้จากการวัดไอโซโทปค่าที่ได้จากฟันของเทเลโอซอริดมีความใกล้เคียงกับสัตว์อื่นในระบบนิเวศเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าสัตว์เหล่านี้ไม่ได้มีพฤติกรรมการย้ายถิ่นระหว่างน้ำจืดและน้ำเค็มในช่วงเวลาที่มีชีวิตอยู่ การค้นพบนี้นับเป็นหลักฐานชิ้นแรกๆ ที่แสดงให้เห็นว่ามีกลุ่มประชากรของเทเลโอซอริดอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจืดเป็นเวลานาน

Tong และคณะ (2021) ศึกษาซากดึกดำบรรพ์ชิ้นส่วนกระดูกเต่าที่พบในชั้นบนของหมวดหินภูกระดึง ซึ่งมีอายุอยู่ในช่วงต้นยุคครีเทเชียส จากที่ราบสูงโคราช ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย คณะผู้วิจัยได้ระบุและตั้งชื่อเป็นชนิดใหม่ว่า *Yakemys multiporcata* โดยจัดอยู่ในกลุ่ม Macrobaenidae ซึ่งเป็นวงศ์ของเต่าน้ำจืดโบราณ การค้นพบเต่าในกลุ่ม Macrobaenidae จากชั้นหินนี้ถือเป็นหลักฐานสนับสนุนเพิ่มเติมที่ชี้ว่าชั้นบนของหมวดหินภูกระดึงน่าจะมีอายุอยู่ในช่วงต้นยุคครีเทเชียส ทั้งยังช่วยเติมเต็มข้อมูลเกี่ยวกับวิวัฒนาการของเต่าโบราณในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ด้วย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนและวิธีการในการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยกำหนดให้การวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ 1) ภาคสนาม เพื่อสำรวจพื้นที่ที่พบตัวอย่างวิจัย เก็บตัวอย่างและพิกัดของตัวอย่างในการทำวิจัย รวมทั้งสำรวจลักษณะของพื้นที่ การเรียงตัวของชั้นหิน ชนิดของหิน สีของตะกอนที่พบเพื่อใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์ผลและสรุปต่อไป 2) ห้องปฏิบัติการ ได้แบ่งออกเป็น 2 ปฏิบัติการ ได้แก่ ปฏิบัติการที่ 1 การเตรียมสไลด์ไม้กลายเป็นหิน เพื่อทำการวิเคราะห์ อธิบายลักษณะทางกายวิภาคของไม้กลายเป็นหิน และ ปฏิบัติการที่ 2 การเตรียมสไลด์ไม้ปัจจุบัน เพื่อเปรียบเทียบกับลักษณะทางกายวิภาคไม้ปัจจุบันที่อาจมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างที่พบในพื้นที่ศึกษา

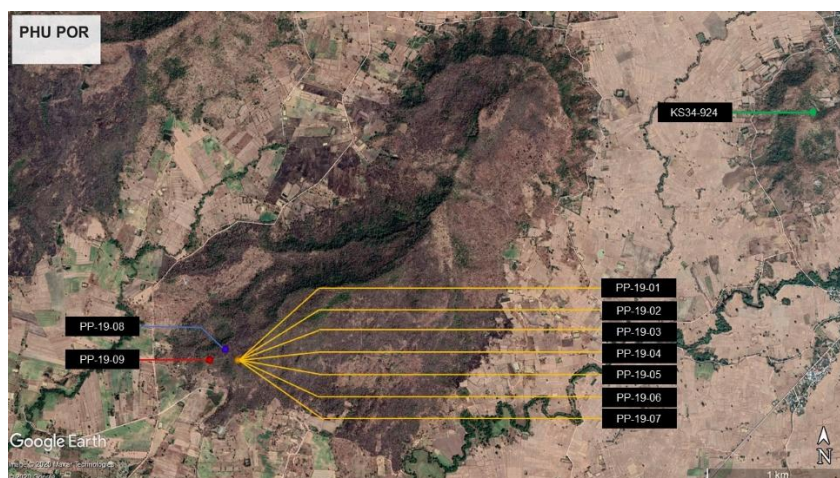
3.1 การเก็บตัวอย่าง

3.1.1 ภาคสนาม

เก็บตัวอย่างไม้กลายเป็นหินจากแหล่งไม้กลายเป็นหินภูโปทั้งหมด 7 ตำแหน่ง โดยเลือกเก็บตัวอย่างที่ไม่มีการเคลื่อนย้ายไปตามผลกระทบจากธรรมชาติ (ตารางที่ 5) คือ ตำแหน่งที่ 1 (ภาพที่ 26) จากจุดศึกษาเส้นทางธรรมชาติภูโปชั้นที่ 3 ไม้กลายเป็นหินความยาวประมาณ 2.3 เมตร กว้างประมาณ 0.8 – 0.9 เมตร ตำแหน่งที่ 2 – 8 (ภาพที่ 20 – 25) ไม้กลายเป็นหินความยาวประมาณ 6, 5, 6, 5, 4 และ 2 เมตร ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในจุดเส้นทางศึกษาธรรมชาติชั้นที่ 4 เช่นเดียวกับ อยู่ห่างจากจุดศึกษาเส้นทางธรรมชาติภูโปชั้นที่ 3 ประมาณ 50 เมตร เป็นตำแหน่งที่มีไม้กลายเป็นหินวางเป็นแนวยาวเรียงอยู่ 6 ต้น กระจายกระจาย และไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน รวมถึงยังมีตัวอย่างที่ไม่สามารถระบุตำแหน่งได้อีกจำนวน 3 ตัวอย่าง นอกจากนี้ยังมีตัวอย่างที่สามารถระบุตำแหน่งได้ชัดเจนอีก 1 ตัวอย่าง และที่ไม่สามารถระบุตำแหน่งได้อีก 2 ตัวอย่าง จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อย ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเก็บตัวอย่างจากไม้กลายเป็นหินจากตัวอย่างที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ (in-situ) และทราบตำแหน่งที่มาแน่ชัด ทั้งหมด 8 (ภาพที่ 19) ตำแหน่งที่กล่าวมาก่อนแล้วข้างต้น ดังตารางที่

ตารางที่ 5 ขนาดและตำแหน่งของไม้กลายเป็นที่ใช้ในการศึกษา

หมายเลขตัวอย่าง	ตำแหน่ง	ความยาว (เมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (เมตร)	พิกัด
PP-17-1	N/A	N/A	0.55	Ex-situ
PP-17-2	N/A	N/A	0.50	Ex-situ
PP-17-3	N/A	N/A	0.70	Ex-situ
PP-19-1	2	~6	~0.70	16°55'18.0"N 103°41'04.2"E
PP-19-2	3	~5	~0.90	16°55'18.0"N 103°41'04.2"E
PP-19-3	4	~6	~0.83	16°55'18.2"N 103°41'04.0"E
PP-19-4	5	~5	~1	16°55'17.9"N 103°41'03.7"E
PP-19-5	6	~4	~0.90	16°55'17.9"N 103°41'03.6"E
PP-19-6	7	~2	~0.80	16°55'17.8"N 103°41'03.4"E
PP-19-9	1	~2.3	~0.80 – 0.9	16°55'18.3"N 103°40'56.6"E
KS34-924	N/A	~3.8	~0.40	16°55'18.5"N 103°40'56.7"E
PN-1	N/A	N/A	N/A	Ex-situ
PN-2	N/A	N/A	0.50	Ex-situ



ภาพที่ 19 แหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูโปและภูน้อย, ประเทศไทย. $16^{\circ}55'42.16''\text{N}$, $103^{\circ}42'03.38''\text{W}$, ความสูงระดับสายตา 5.36 กม. (ดัดแปลงจาก: (Google Earth Pro, 2020))



ภาพที่ 20 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-1

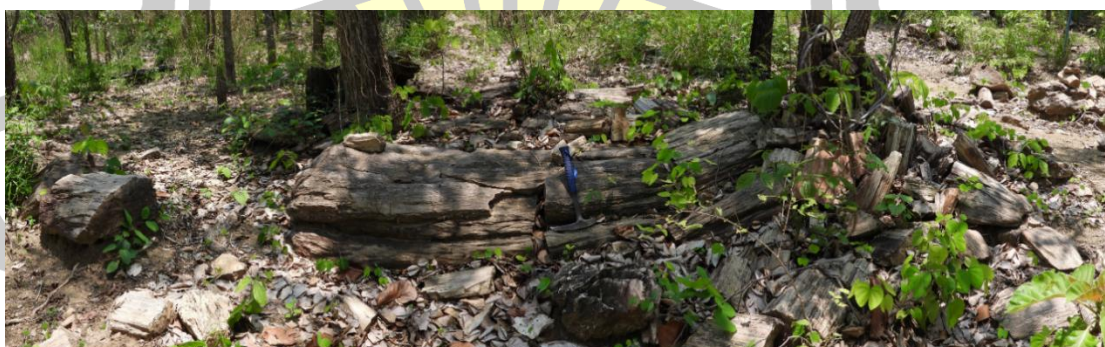
พูน ปณ ทิโต ชีเว



ภาพที่ 21 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-2



ภาพที่ 22 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-3



ภาพที่ 23 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-4



ภาพที่ 24 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-5



ภาพที่ 25 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-6



ภาพที่ 26 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-9

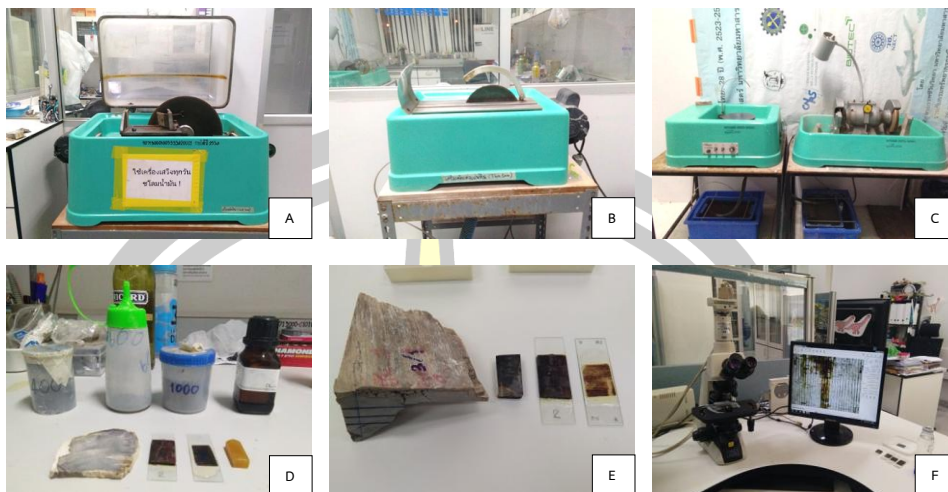
3.2 การเตรียมตัวอย่างในการศึกษา

3.2.1 การเตรียมสไลด์ไม้กลายเป็นหิน

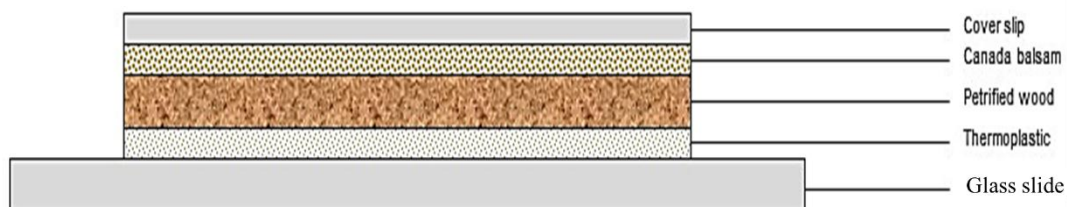
การเตรียมสไลด์ไม้กลายเป็นหินในห้องปฏิบัติการ (ภาพที่ 27) เพื่อนำไปศึกษาด้วยวิธีกายวิภาคศาสตร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (ภาพที่ 27F) จะใช้วิธีการที่เรียกว่าการทำแผ่นหินบาง (thin section) หรือวิธีศิลาวรรณนา (Petrographic analysis) ซึ่งเป็นเทคนิคเดียวกันกับที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางธรณีวิทยา โดยเริ่มจากการตัดตัวอย่างไม้กลายเป็นหินให้ได้ด้านที่ถูกต้องทั้งหมด 3 ด้าน คือ ด้านตัดขวาง ด้านรัศมี และด้านสัมผัส (ภาพที่ 2) ในขั้นตอนนี้จะตัดในด้านตัดขวางก่อนจะทำให้เห็นเรย์ชัดเจน จากนั้นจึงตัดในด้านรัศมี และด้านสัมผัสตามลำดับ

ตัวอย่างที่นำมาจากภาคสนามนั้นมีชิ้นที่ใหญ่เกินไป ในขั้นแรกจึงต้องนำไปตัดให้เป็นชิ้นเล็กลงด้วยเครื่องตัดหินใหญ่ (ภาพที่ 27A) จากนั้นจึงนำไปตัดให้ได้ด้านของไม้เพื่อให้เป็นชิ้นเล็กที่มีขนาดพอดีกับแผ่นสไลด์ (ขนาดแผ่นสไลด์ 25.4 x 76.2 มิลลิเมตร) (ภาพที่ 27E) ด้วยเครื่องตัดหินบาง (ภาพที่ 27B) แล้วขัดหน้าของไม้กลายเป็นหินให้เรียบด้วยซิลิกอนคาร์ไบด์ (silicon carbide) (ภาพที่ 27D) ขนาด 400 600 และ 1,000 ไมครอน ตามลำดับ ในขั้นตอนนี้จะรวมไปถึงการขัดแผ่นสไลด์ด้วยซิลิกอนคาร์ไบด์ขนาด 400 ไมครอนด้วย การขัดแผ่นสไลด์ด้วยนั้นจะทำให้ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินกับแผ่นสไลด์ยึดเกาะกันได้ดียิ่งขึ้น ในขั้นตอนการฉีกด้วยเทอร์โมพลาสติก ตัวอย่างที่ผนึกบนแผ่นสไลด์แล้วนั้นจะทิ้งไว้ให้แห้งอย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อให้กาวแห้งสนิทแล้วจึงฉีกด้วยเครื่องฉีก (ภาพที่ 27C) ให้ได้ความบาง ≤ 0.1 มิลลิเมตร ในส่วนของการปิดกระจกปิดสไลด์นั้นจะใช้กระจกหลายขนาดโดยขึ้นอยู่กับตัวอย่างของไม้กลายเป็นหิน โดยใช้แคนาดาบัลซัม (canada balsum) เป็นตัวปิดผนึก เมื่อเสร็จสิ้นทุกขั้นตอนตามวิธีการตัดแผ่นบาง แผ่นสไลด์ตัวอย่างที่ได้จะมีจำนวนทั้งหมด 5 ชิ้น คือ กระจกสไลด์ เทอร์โมพลาสติก ตัวอย่างไม้กลายเป็นหิน สารเคมีติดกระจกสไลด์ (canada balsam) และกระจกปิดสไลด์ ตามลำดับ (ภาพที่ 28, 29)

พูน ปณ จิต ชเว

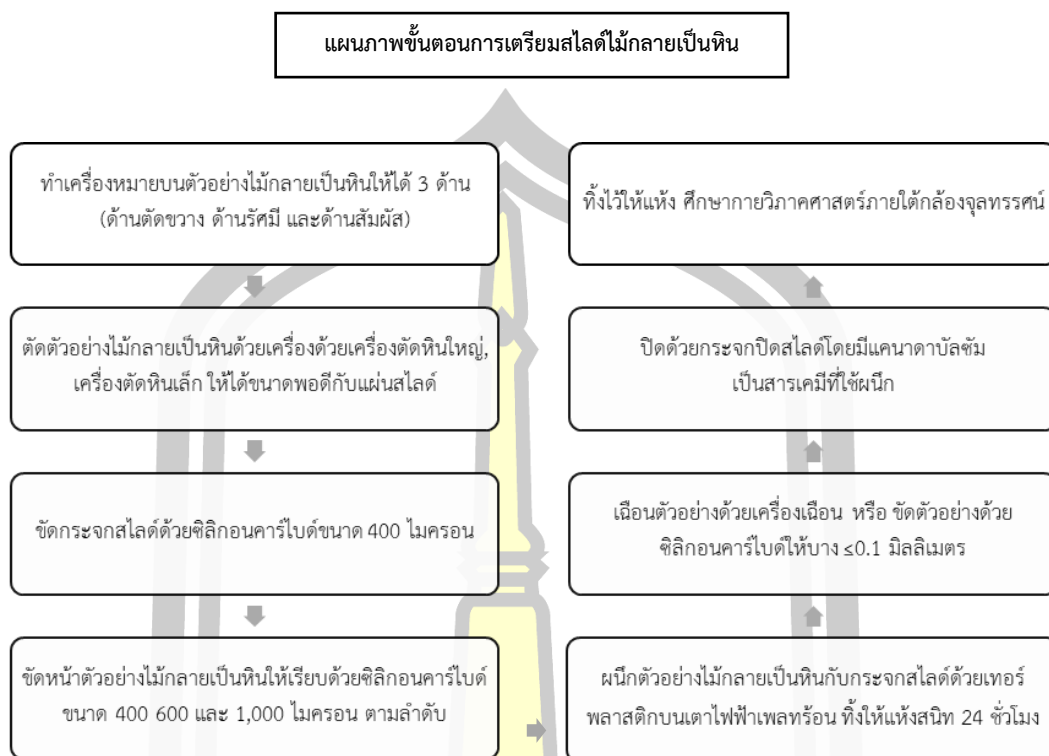


ภาพที่ 27 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในปฏิบัติการไม้กลายเป็นหิน A. เครื่องตัดหินใหญ่, B. เครื่องตัดหินเล็ก, C. (ซ้าย) เครื่องขัดหิน และ (ขวา) เครื่องแกลบ, D. ฟงซิลิกอนคาร์ไบด์ แคนาดาบัลซัม และ เทอร์โมพลาสติก, E. ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินที่กำหนดแนวตัดไว้แล้ว และที่ตัดให้มีขนาดเท่ากับแผ่นสไลด์, E. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง



ภาพที่ 28 แผนภาพแสดงตัวอย่างจำนวนชั้นของสไลด์ไม้กลายเป็นหิน



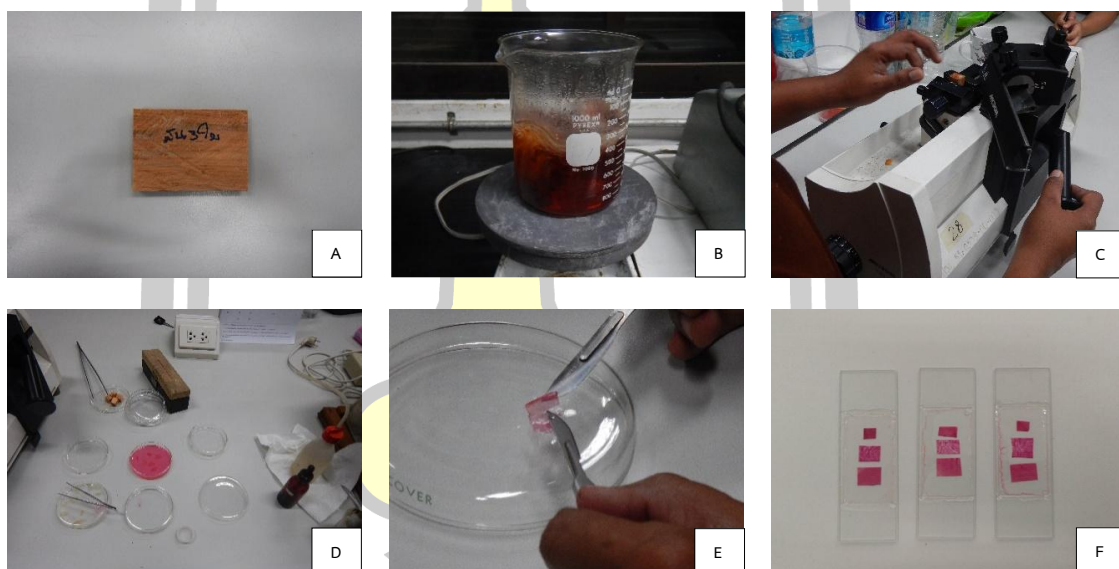


ภาพที่ 29 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมสโตนวอลล์ไม้กลายเป็นหิน

3.2.2 การเตรียมสไลด์ไม้ปัจจุบัน

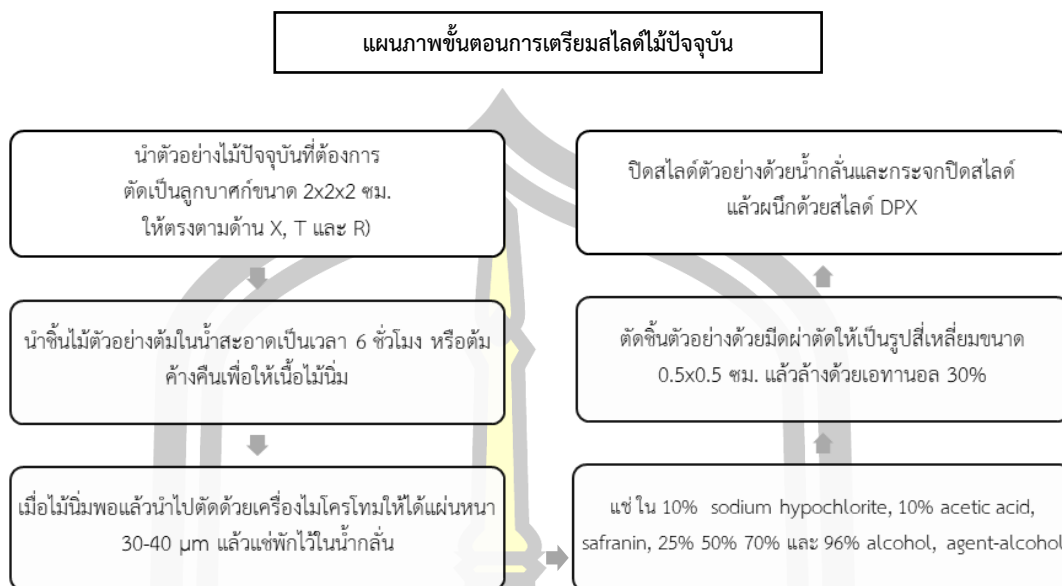
ในการศึกษากายวิภาคศาสตร์ของไม้กลายเป็นหินนั้นจำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบกับพืชที่มีสายวิวัฒนาการที่ใกล้เคียงกันกับพืชในปัจจุบันเพื่อดูความแตกต่างของลักษณะของท่อลำเลียงต่าง ๆ ภายในเนื้อเยื่อพืช ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่ในการทำปฏิบัติการ ณ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ ขั้นตอนและวิธีการเตรียมสไลด์พืชปัจจุบัน (ภาพที่ 31) เริ่มจาก ตัดตัวอย่างไม้ให้ได้ด้านที่ถูกต้องทั้ง 3 ด้าน (ด้านตัดขวาง ด้านรัศมี และด้านสัมผัส) ด้วยมีด หรือผ่าให้เป็นลูกบาศก์ขนาด 2x2x2 เซนติเมตร (ภาพที่ 30A) จากนั้นนำไปต้มในน้ำสะอาด ขั้นตอนนี้ควรต้มไม่ว่ายาน้อย 6 ชั่วโมง หรือต้มทิ้งไว้ค้างคืน หรือจนกว่าไม้จะนิ่ม (ภาพที่ 30B) การตัดตัวอย่างไม้จะตัดด้วยเครื่องมือไมโครทอม (Microtome) รุ่น MICROM HM 430 โดยปรับระดับความหนาของชิ้นตัวอย่างให้ได้ 30 – 40 μm (ภาพที่ 30C) ในการตัดเนื้อไม้ควรตัดขณะที่ยังร้อนจัดอยู่จะตัดง่ายกว่า เนื่องจากชิ้นตัวอย่างเมื่อเย็นแล้วเนื้อไม้จะกลับมาแข็งเหมือนเดิม แล้วแช่ทิ้งไว้ในน้ำกลั่นเพื่อให้เนื้อไม้ยังคงความอ่อนนุ่มอยู่ จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์

(sodium hypochlorite) 10% ประมาณ 1 – 2 นาที จนกว่าเนื้อไม้จะถูกฟอกจนขาวแล้วล้างด้วยน้ำกลั่น นำชิ้นตัวอย่างไปแช่ในสารละลายอะซิติกแอซิด (acetic acid) ความเข้มข้น 10% อีก 1 – 2 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำกลั่น จึงนำไปย้อมด้วยสีซาฟรานิน (safranin) เวลา 3 – 5 นาที ชิ้นตัวอย่างที่ติดสีซาฟรานินแล้วไปตัดด้วยมีดผ่าตัดให้ได้ขนาด 0.5x0.5 เซนติเมตร จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างไปแช่ในแอลกอฮอล์ 25% 50% 70% และ 96% ตามลำดับ (ภาพที่ 30D) เมื่อแช่ตัวอย่างในแอลกอฮอล์ทุกความเข้มข้นเสร็จแล้วจึงนำไปล้างออกด้วย agent-alcohol 2 – 3 นาที แล้วจึงติดสไลด์ด้วยกระจกปิดสไลด์ผนึกโดยใช้ DPX ในขั้นตอนสุดท้าย (Jansen et al., 1998)



ภาพที่ 30 ขั้นตอน อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในปฏิบัติการไม้ปัจจุบัน A. ตัวอย่างไม้ B. ตัวอย่างไม้ต้มในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิร้อนจัด C. ตัดตัวอย่างไม้ด้วยเครื่องมือโครโทมรูน MICROM HM 430 D. ชิ้นตัวอย่างไม้ที่ตัดแล้วแช่ด้วยสีซาฟรานิน E. เลือกชิ้นตัวอย่างที่สมบูรณ์ และตัดให้ได้ขนาดประมาณ 0.5x0.5 ซม. F. สไลด์ไม้ที่ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์แล้ว

พูน ปณ ทิโต ชเว



ภาพที่ 31 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมสไลด์ไม้ปัจจุบัน

3.3 การจำแนกไม้กลายเป็นหิน

นำแผ่นสไลด์ศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (compound light microscope; LM) และกล้องสเตอริโอ (stereo microscope) วิเคราะห์ตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ณ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ และศูนย์วิจัยและการศึกษาบรรพชีวินวิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ในการศึกษาทางกายวิภาคศาสตร์ครั้งนี้ใช้รูปรูปราน (key) เพื่อระบุชื่อวิทยาศาสตร์ไม้กลายเป็นหินจาก (Philippe & Bamford, 2008) และเปรียบเทียบลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์โดย IAWA List of microscopic features for softwood identification (IAWA Committee, 2004) ลักษณะสำคัญที่ใช้ในการระบุเอกลักษณ์ ได้แก่ growth ring resin duct หรือ resin canal, ray, cross-field pitting เป็นต้น

การวัดขนาดของลักษณะสำคัญที่ใช้จำแนกไม้กลายเป็นหินนั้น ใช้เกณฑ์ตาม IAWA ดังต่อไปนี้

1. ความยาวเซลล์เรย์จากการวัดขนาด หน่วยเป็นไมโครเมตร (μm) วัดขนาดได้จากด้านตัดขนานเส้นสัมผัส โดยการสุ่มจากเซลล์เรย์ไม่น้อยกว่า 25 เซลล์ แล้วหาค่าเฉลี่ย (mean), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation: SD) และ ค่าพิสัย (range)
2. ความยาวเซลล์เรย์จากจำนวนของเซลล์ แบ่งเป็น 4 ขนาด คือ สั้นมาก (มีถึง 4 เซลล์), กลาง (5 – 15 เซลล์), ยาว (16 – 30 เซลล์) และ ยาวมาก (มากกว่า 30 เซลล์)
3. เซลล์เทรคีต หน่วยเป็นไมโครเมตร แบ่งเป็น 3 ขนาด คือ สั้น (น้อยกว่า 3000 μm), กลาง (3000 – 5000 μm) และ ยาว (มากกว่า 5000 μm)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินทั้งหมด 13 ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาจากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูโปและแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อย ที่มีอายุอยู่ในช่วงครีเทเชียสตอนปลายถึงจูแรสซิกตอนต้นจากหมวดหินภูกระดึง โดยตัวอย่างทั้งหมดได้รับการศึกษาอย่างละเอียดด้วยการตรวจสอบกายวิภาคของไม้กลายเป็นหินภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงสามารถจำแนกดังต่อไปนี้

4.1 ลำดับทางอนุกรมวิธาน

อันดับ: Pinales

วงศ์: Araucariaceae

สกุล: *Agathoxylon* Hartig, 1848

Agathoxylon sp.1 (PP-19-1, PP-19-2, PP-19-5, PN-1)

Agathoxylon sp.2 (PP-19-3, PP-19-4, PP-19-9)

Agathoxylon sp.3 (KS34-924)

cf. *Agathoxylon* sp. (PP-17-3, PP-19-6)

วงศ์: Unknown

สกุล: *Shimakuroxylon* Philippe, Boura, Oh, & Pons, 2014

Shimakuroxylon japonicum Philippe, Boura, Oh, & Pons, 2014
(PN-2)

พูน ปณ จิต ชีเว

4.2 การจำแนกไม้กลายเป็นหิน

4.2.1 PP-17-1

วงศ์: Unknown

คำบรรยายลักษณะ:

วงปีชัดเจน (ภาพที่ 32A)

เทรคมีผนังบางเฉลี่ย $6.8\ \mu\text{m}$ รูปร่างกลมถึงรูปไข่ ความกว้างเทรคเฉลี่ย $30.7\ \mu\text{m}$ ($21.7 - 37.9\ \mu\text{m}$) เห็นรายละเอียดของหลุมผนังเซลล์ไม่ชัด

เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว ความยาวเรย์เฉลี่ย $168.2\ \mu\text{m}$ ($39.7 - 377.0\ \mu\text{m}$) จำนวนเรย์เฉลี่ย 10 เซลล์ (5 – 25 เซลล์) รูปร่างกลมหรือรี ขอบเป็นแบบเรียบ (ภาพที่ 32C)

ไม่พบ cross-field pits เนื่องจากในด้านการตัดตามแนวรัศมีไม่เห็นรายละเอียดลักษณะทางกายวิภาคของไม้กลายเป็นหิน จึงไม่สามารถระบุได้

ไม่พบพารงคิมาแนวแกน ไม่พบท่อน้ำยางและคริสตัล

หมายเหตุ: รายละเอียดทางกายวิภาคของไม้กลายเป็นหิน ขึ้นอยู่กับแร่ธาตุที่เข้าไปแทรกในเนื้อไม้ ในตัวอย่างหมายเลข PP-17-1 นี้ ไม่สามารถเห็นรายละเอียดในภาคการตัดตามแนวรัศมี จึงไม่สามารถจำแนกได้ว่าเป็นพืชเมล็ดเปลือยในสกุลใด เนื่องจากในการจำแนกพืชเมล็ดเปลือยนั้นจะให้ด้านนี้ภาคการตัดตามแนวรัศมีเป็นหลักในการระบุเอกลักษณ์

4.2.2 PP-17-2

วงศ์: Unknown

คำบรรยายลักษณะ:

วงปีไม่ชัดเจน เซลล์เทรคมีผนังบาง รูปร่างกลมถึงรูปไข่ ไม่พบพารงคิมาแนวแกน ไม่พบท่อน้ำยางและคริสตัล (ภาพที่ 32B)

ไม่พบลักษณะทางกายวิภาคอื่น ๆ ของไม้กลายเป็นหินตัวอย่างนี้

หมายเหตุ: รายละเอียดทางกายวิภาคของไม้กลายเป็นหิน ขึ้นอยู่กับแร่ธาตุที่เข้าไปแทรกในเนื้อไม้ ในตัวอย่างหมายเลข PP-17-2 นี้ เห็นรายละเอียดทางกายวิภาคเพียงด้านเดียว คือ ภาคการตัดตามขวาง จึงระบุได้เพียงว่าเป็นพืชในกลุ่มพืชเมล็ดเปลือย

4.2.3 PP-17-3

วงศ์: Araucariaceae

สกุล: *Agathoxylon* Hartig

ชนิด: cf. *Agathoxylon* sp.

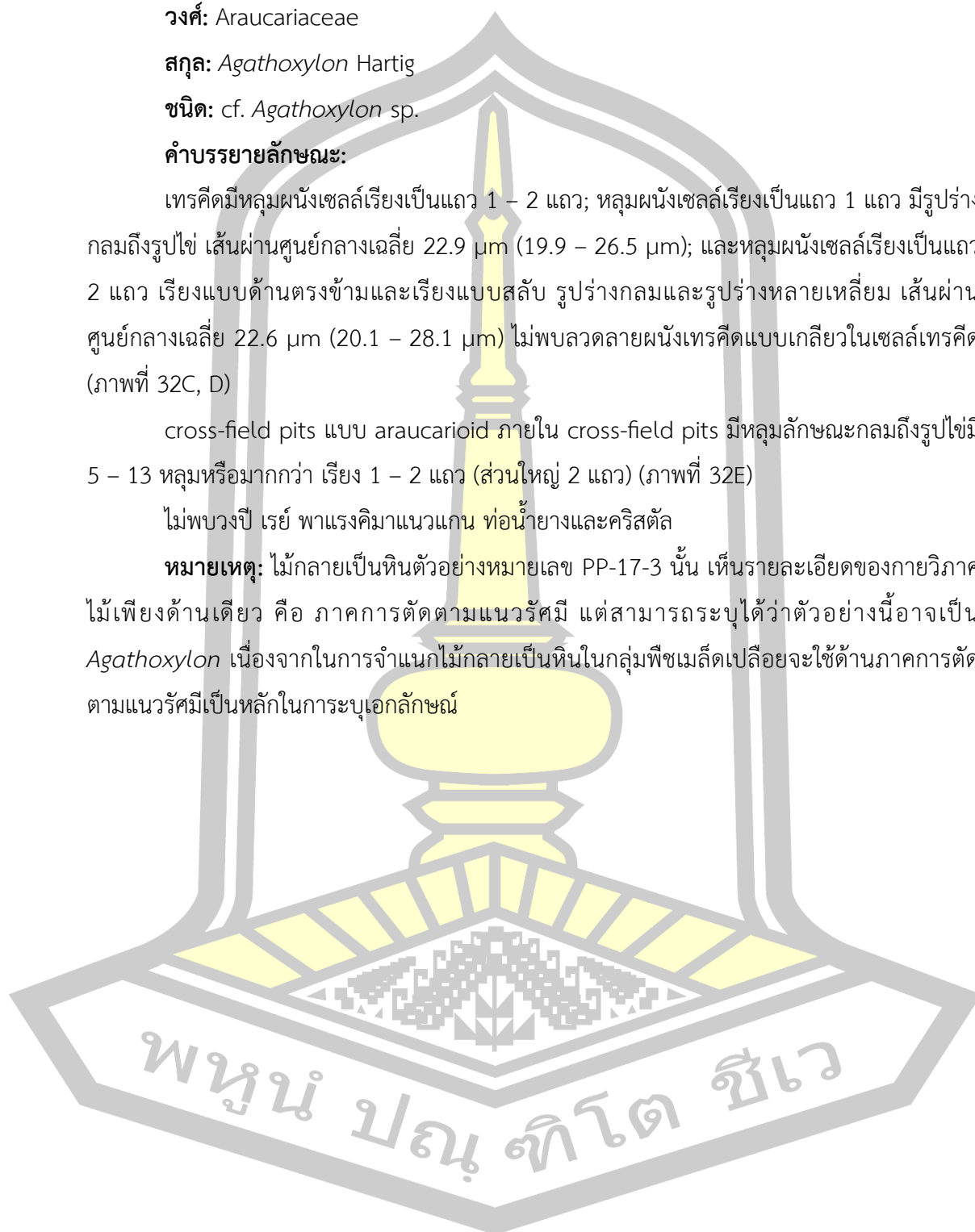
คำบรรยายลักษณะ:

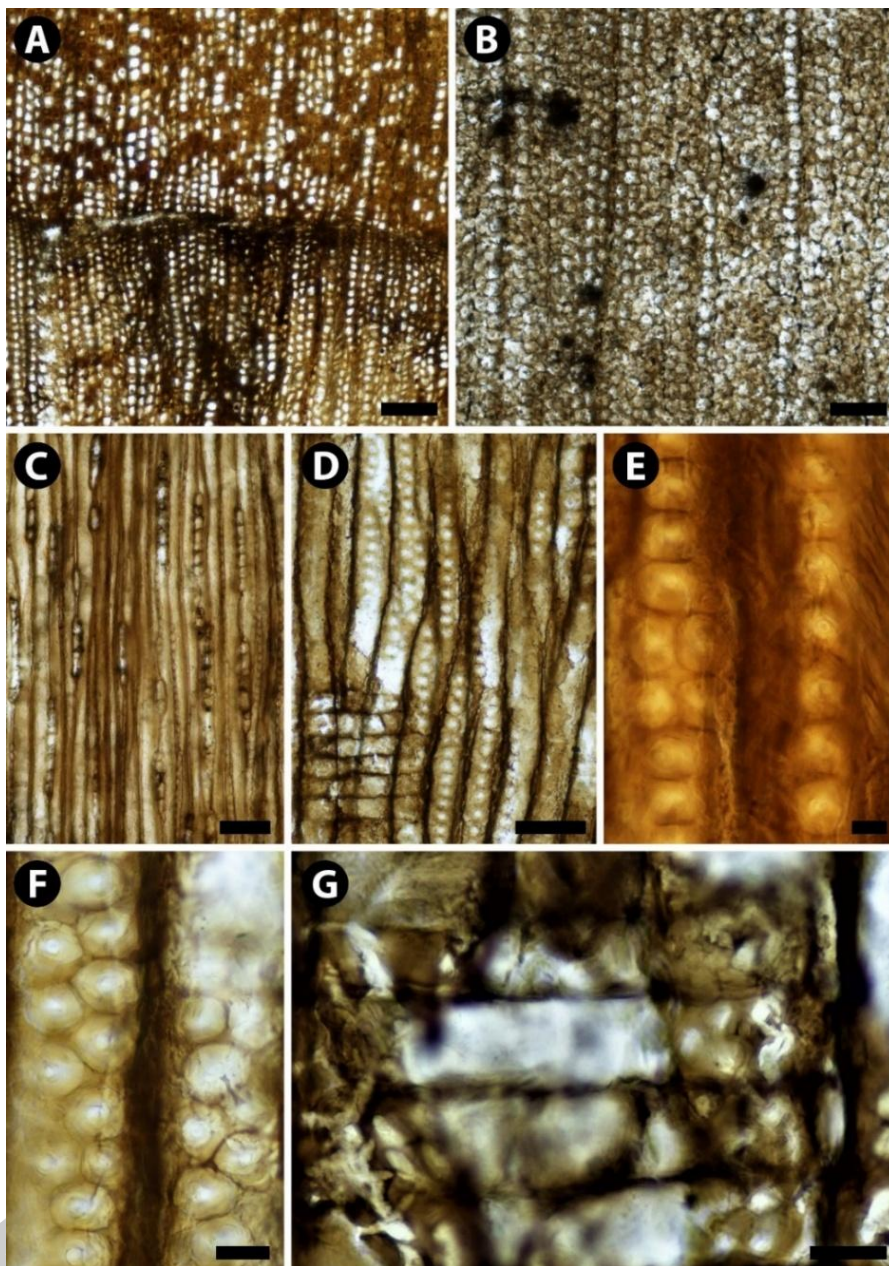
เทรคิตมีหลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 – 2 แถว; หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว มีรูปร่างกลมถึงรูปไข่ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย $22.9\ \mu\text{m}$ ($19.9 - 26.5\ \mu\text{m}$); และหลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว เรียงแบบด้านตรงข้ามและเรียงแบบสลับ รูปร่างกลมและรูปร่างหลายเหลี่ยม เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย $22.6\ \mu\text{m}$ ($20.1 - 28.1\ \mu\text{m}$) ไม่พบลวดลายผนังเทรคิตแบบเกลียวในเซลล์เทรคิต (ภาพที่ 32C, D)

cross-field pits แบบ araucarioid ภายใน cross-field pits มีหลุมลักษณะกลมถึงรูปไข่มี 5 – 13 หลุมหรือมากกว่า เรียง 1 – 2 แถว (ส่วนใหญ่ 2 แถว) (ภาพที่ 32E)

ไม่พบวงปี เรย์ พาแรงคิมาแนวแกน ท่อน้ำยางและคริสตัล

หมายเหตุ: ไม้กลายเป็นหินตัวอย่างหมายเลข PP-17-3 นั้น เห็นรายละเอียดของกายวิภาคไม้เพียงด้านเดียว คือ ภาคการตัดตามแนวรัศมี แต่สามารถระบุได้ว่าตัวอย่างนี้อาจเป็น *Agathoxylon* เนื่องจากในการจำแนกไม้กลายเป็นหินในกลุ่มพืชเมล็ดเปลือยจะใช้ด้านภาคการตัดตามแนวรัศมีเป็นหลักในการระบุเอกลักษณ์





ภาพที่ 32 กายวิภาคของ PP-17-1, PP-17-2 และ PP-17-3 cf. *Agathoxylon* sp. A. ตัวอย่าง PP-17-1 วงปีชัดเจน B. ตัวอย่าง PP-17-2 วงปีไม่ชัดเจน C. ตัวอย่าง PP-17-1 แสดงเรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว D. ตัวอย่าง PP-17-3 แสดงหลุมผนังเซลล์ E. ตัวอย่าง PP-17-3 แสดงหลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว และ 2 แถวอยู่ร่วมกัน และหลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว F. ตัวอย่าง PP-17-3 แสดงหลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว รูปร่างหลายเหลี่ยมเรียงสลับ G. ตัวอย่าง PP-17-3 แสดง cross-field pits แบบ araucarioid ขนาดสเกล: A, B = 200 μ m; C, D = 100 μ m; E = 50 μ m; F, G = 20 μ m.

4.2.4 PP-19-1

วงศ์: Arucariaceae

สกุล: *Agathoxylon* Hartig

ชนิด: *Agathoxylon* sp.1

คำบรรยายลักษณะ:

วงปีไม่ชัดเจนหรือไม่พบวงปี (ภาพที่ 33A)

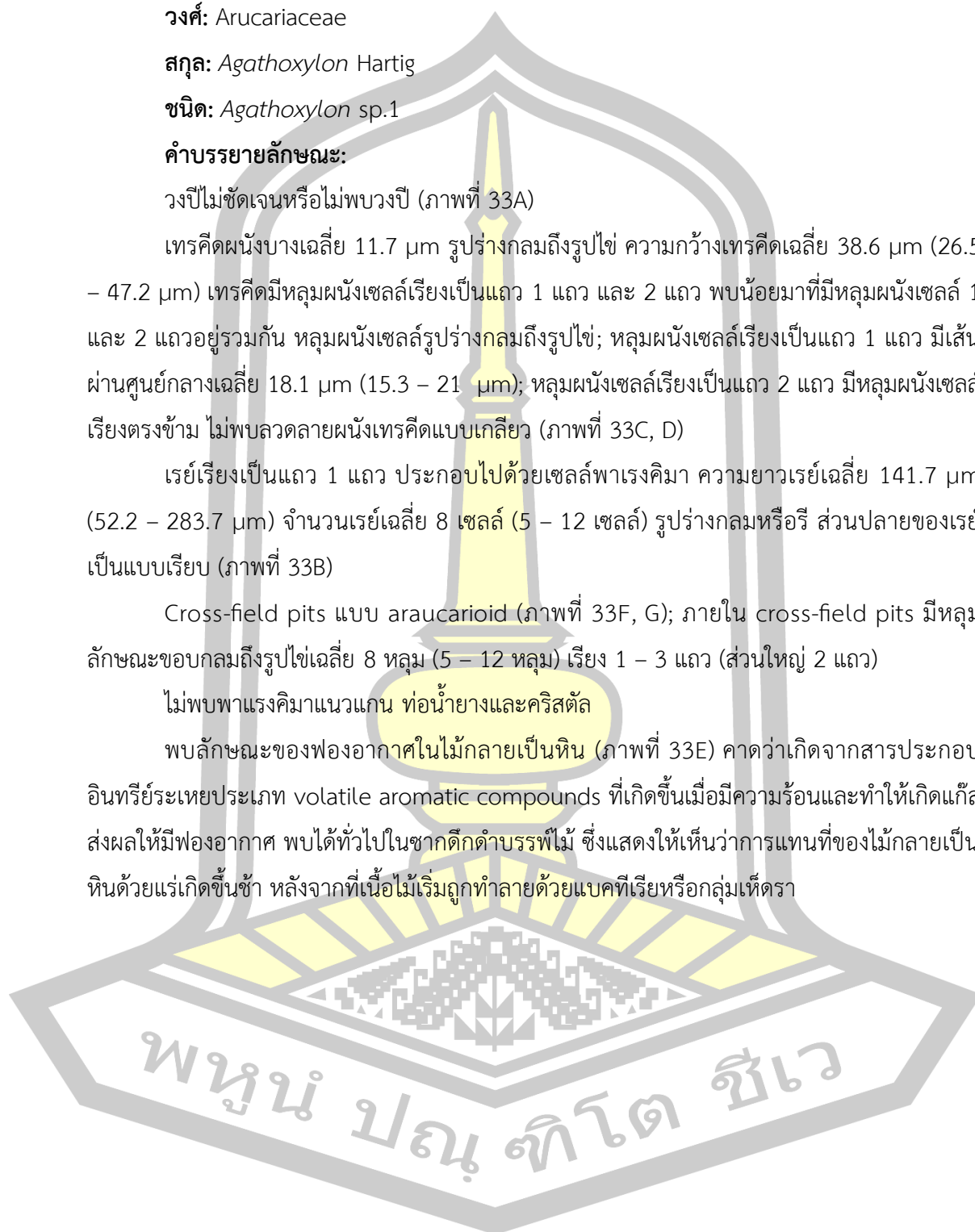
เทรคีดผนังบางเฉลี่ย $11.7\ \mu\text{m}$ รูปร่างกลมถึงรูปไข่ ความกว้างเทรคีดเฉลี่ย $38.6\ \mu\text{m}$ ($26.5 - 47.2\ \mu\text{m}$) เทรคีดมีหลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว และ 2 แถว พบน้อยมาที่มีหลุมผนังเซลล์ 1 และ 2 แถวอยู่รวมกัน หลุมผนังเซลล์รูปร่างกลมถึงรูปไข่; หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย $18.1\ \mu\text{m}$ ($15.3 - 21\ \mu\text{m}$); หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว มีหลุมผนังเซลล์เรียงตรงข้าม ไม่พบลวดลายผนังเทรคีดแบบเกลียว (ภาพที่ 33C, D)

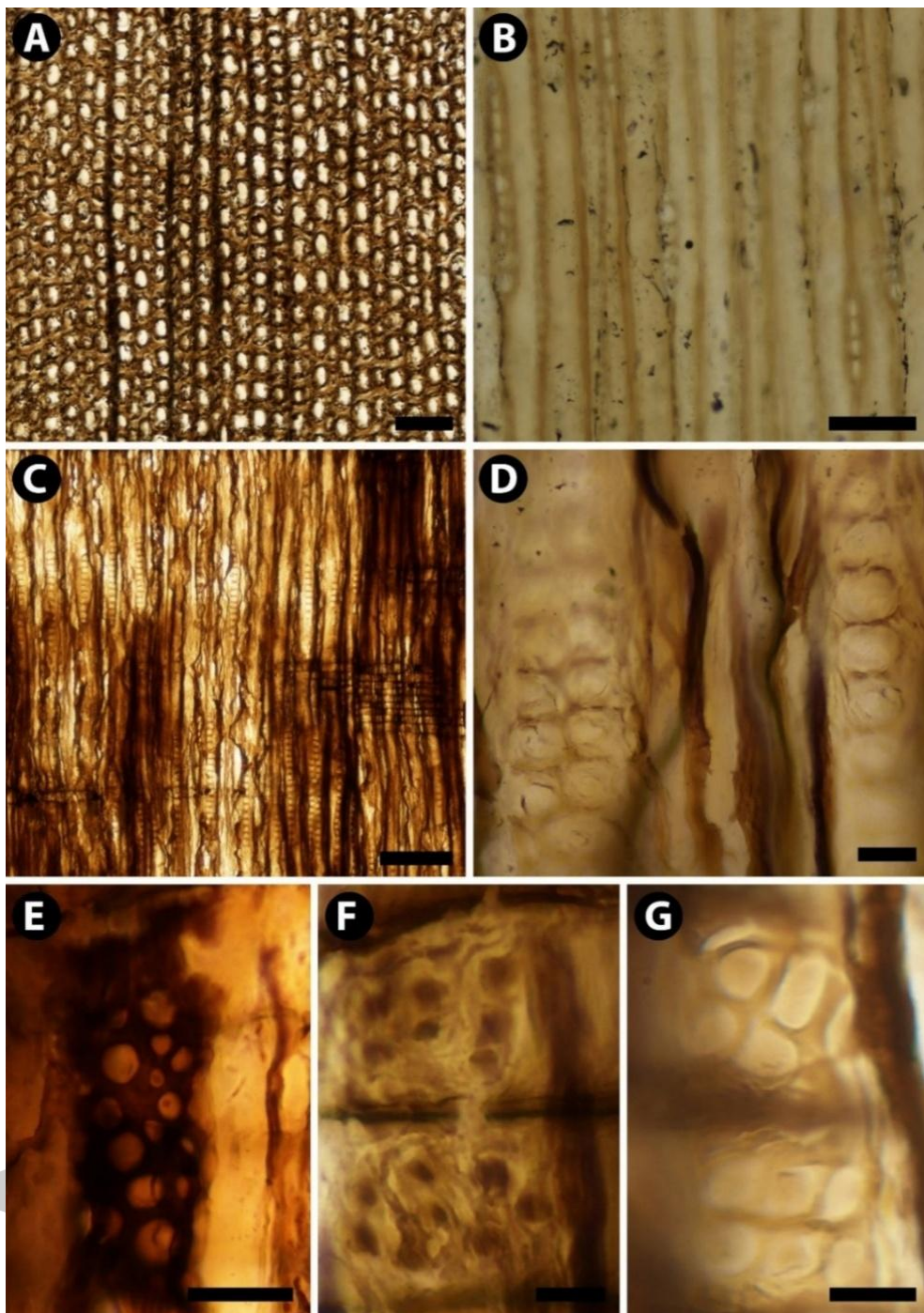
เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา ความยาวเรย์เฉลี่ย $141.7\ \mu\text{m}$ ($52.2 - 283.7\ \mu\text{m}$) จำนวนเรย์เฉลี่ย 8 เซลล์ (5 – 12 เซลล์) รูปร่างกลมหรือรี ส่วนปลายของเรย์เป็นแบบเรียบ (ภาพที่ 33B)

Cross-field pits แบบ araucarioid (ภาพที่ 33F, G); ภายใน cross-field pits มีหลุมลักษณะขอบกลมถึงรูปไข่เฉลี่ย 8 หลุม (5 – 12 หลุม) เรียง 1 – 3 แถว (ส่วนใหญ่ 2 แถว)

ไม่พบพาเรงคิมาแนวแกน ท่อน้ำยางและคริสตัล

พบลักษณะของฟองอากาศในไม้กลายเป็นหิน (ภาพที่ 33E) คาดว่าเกิดจากสารประกอบอินทรีย์ระเหยประเภท volatile aromatic compounds ที่เกิดขึ้นเมื่อมีความร้อนและทำให้เกิดแก๊สส่งผลให้มีฟองอากาศ พบได้ทั่วไปในซากดึกดำบรรพ์ไม้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการแทนที่ของไม้กลายเป็นหินด้วยแร่เกิดขึ้นช้า หลังจากที่เนื้อไม้เริ่มถูกทำลายด้วยแบคทีเรียหรือกลุ่มเห็ดรา





ภาพที่ 33 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp.1 (PP-19-1) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหิน
 ภาพ A. ไม้พบวงปี B. เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว ตรงปลายเรย์แบบเรียบ C, D. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็น
 แถว 1 และ 2 แถว มีรูปร่างกลม; หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถวเรียงตรงข้าม E. ฟองอากาศที่
 เกิดจากสารประกอบอะโรมาติกของน้ำมันในพืช F, G. Cross-field pits แบบ araucarioid ขนาด
 สเกล: A = 200 μ m; B, C = 100 μ m; D, E = 20 μ m; F, G = 10 μ m.

4.2.5 PP-19-2

วงศ์: Arucariaceae

สกุล: *Agathoxylon* Hartig

ชนิด: *Agathoxylon* sp.1

คำบรรยายลักษณะ:

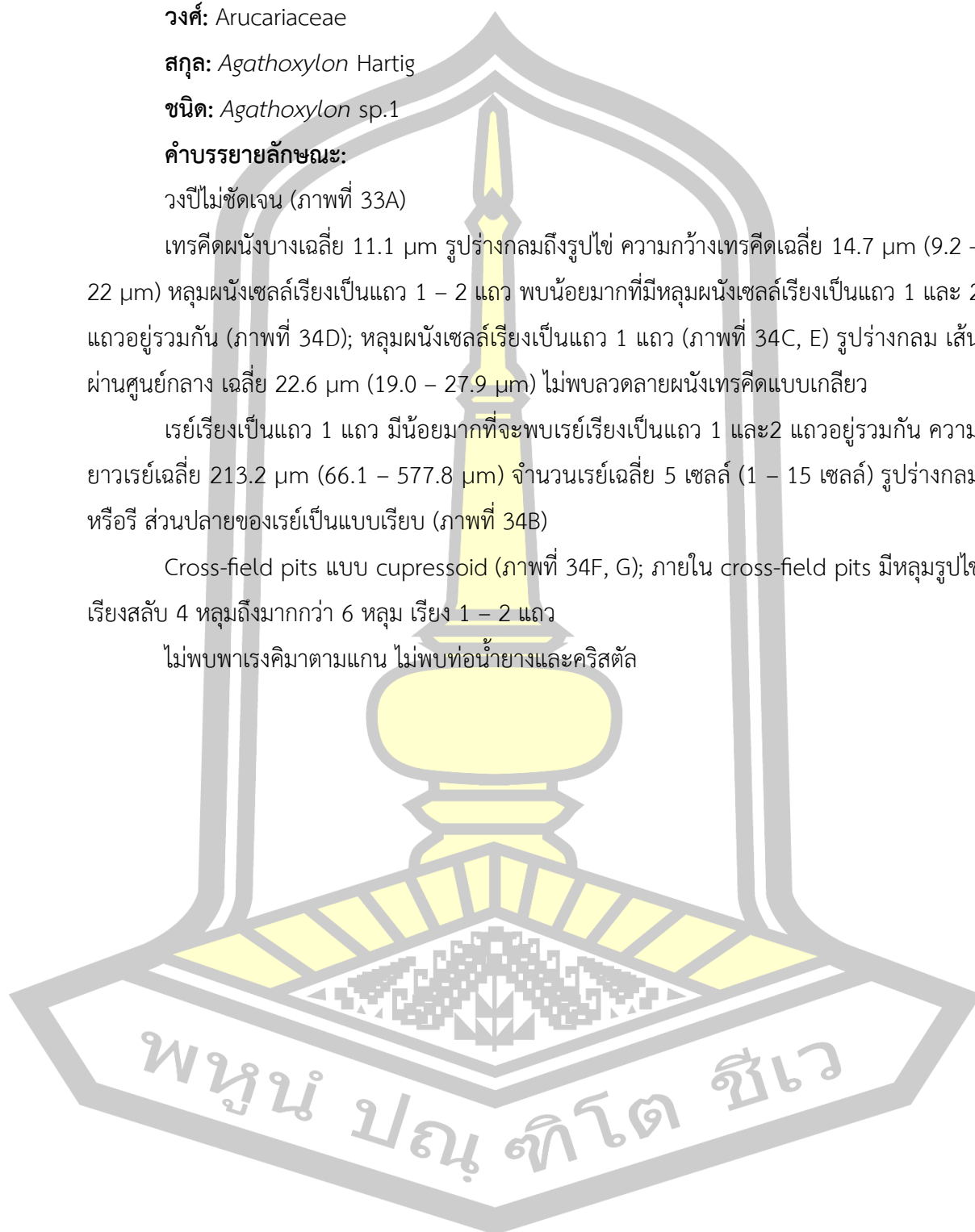
วงปีไม่ชัดเจน (ภาพที่ 33A)

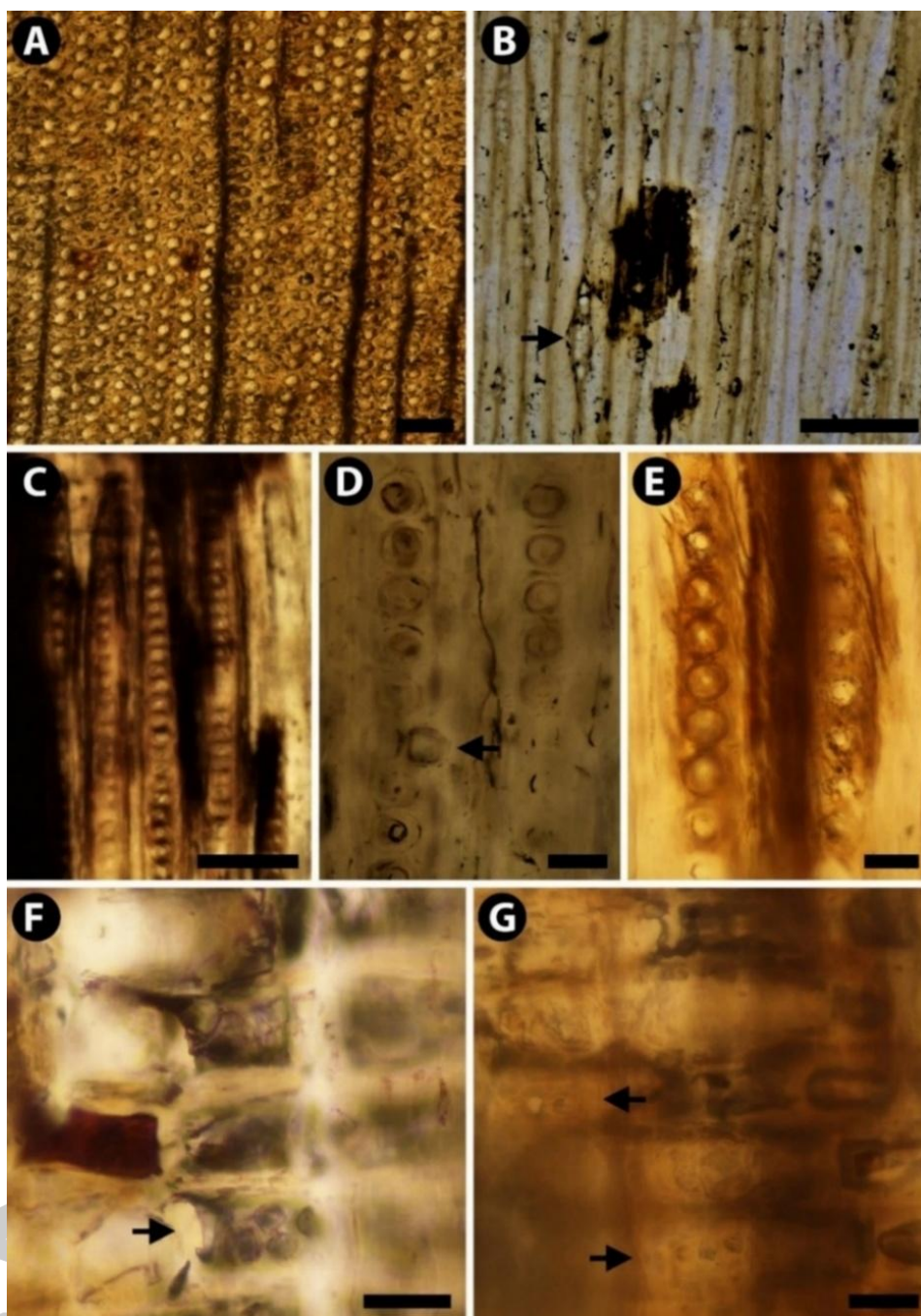
เทรคตผนังบางเฉลี่ย $11.1\ \mu\text{m}$ รูปร่างกลมถึงรูปไข่ ความกว้างเทรคตเฉลี่ย $14.7\ \mu\text{m}$ ($9.2 - 22\ \mu\text{m}$) หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 – 2 แถว พบน้อยมากที่มีหลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวอยู่ร่วมกัน (ภาพที่ 34D); หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว (ภาพที่ 34C, E) รูปร่างกลม เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย $22.6\ \mu\text{m}$ ($19.0 - 27.9\ \mu\text{m}$) ไม่พบลวดลายผนังเทรคตแบบเกลียว

เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว มีน้อยมากที่จะพบเรย์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวอยู่ร่วมกัน ความยาวเรย์เฉลี่ย $213.2\ \mu\text{m}$ ($66.1 - 577.8\ \mu\text{m}$) จำนวนเรย์เฉลี่ย 5 เซลล์ (1 – 15 เซลล์) รูปร่างกลมหรือรี ส่วนปลายของเรย์เป็นแบบเรียบ (ภาพที่ 34B)

Cross-field pits แบบ cupressoid (ภาพที่ 34F, G); ภายใน cross-field pits มีหลุมรูปไข่ เรียงสลับ 4 หลุมถึงมากกว่า 6 หลุม เรียง 1 – 2 แถว

ไม่พบพาเรงคิมาตามแกน ไม่พบท่อน้ำยางและคริสตัล





ภาพที่ 34 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp.1 (PP-19-2) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหิน
 ภูโป A. วงปีไม่ชัดเจน B. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว และหลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว และ
 2 แถวอยู่ร่วมกัน (ลูกศร) C. หลุมผนังเซลล์ส่วนใหญ่เรียงเป็นแถว 1 แถว D. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็น
 แถว 1 แถว และ 2 แถวอยู่ร่วมกัน (ลูกศร) E. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว F, G. ภาคการตัดตาม
 แนวรัศมีแสดง Cross-field pits แบบ cupressoid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A = 200 μ m; B, C = 100
 μ m; D, E, F, G = 20 μ m.

4.2.6 PP-19-3

วงศ์: Arucariaceae

สกุล: *Agathoxylon* Hartig

ชนิด: *Agathoxylon* sp.2

คำบรรยายลักษณะ:

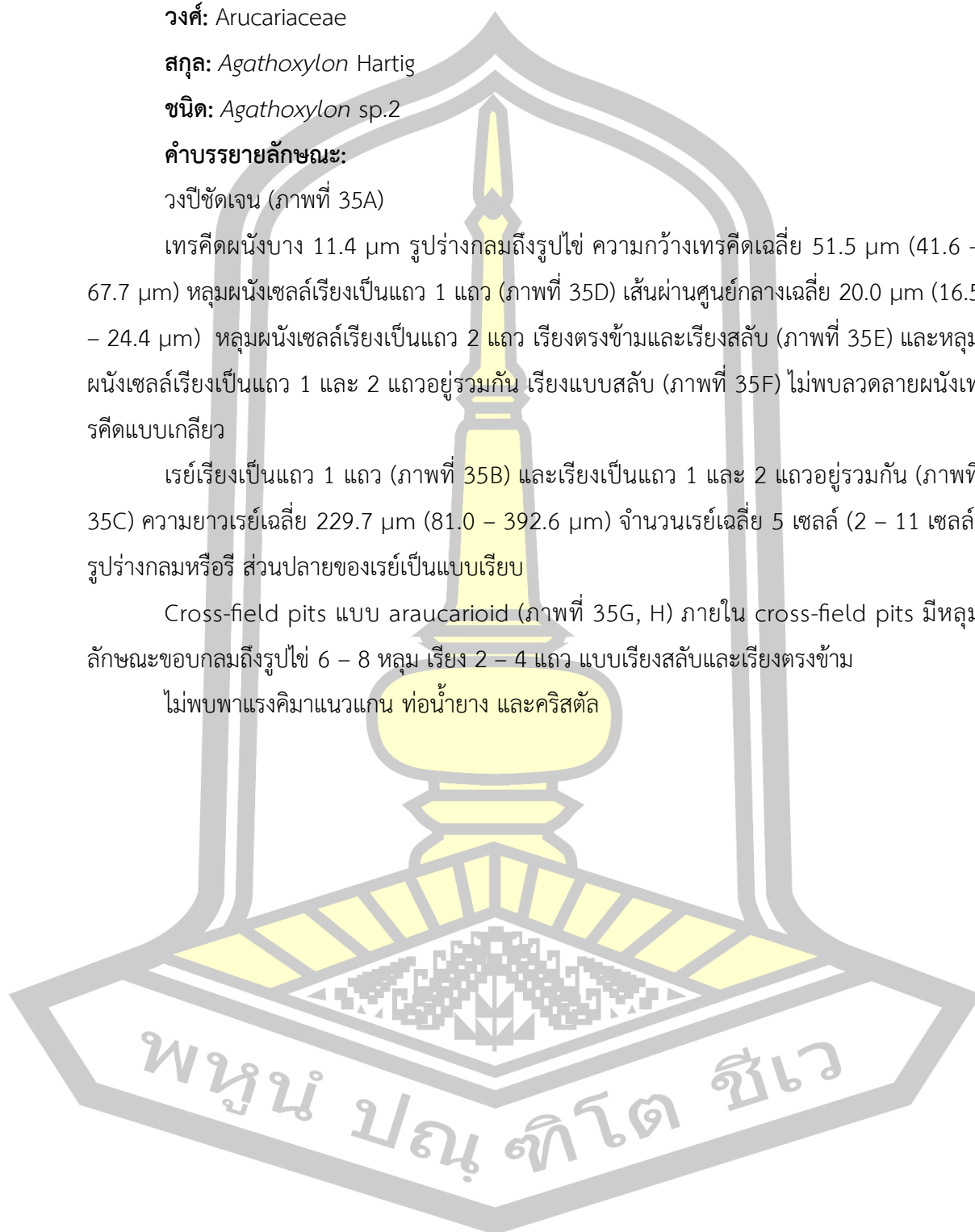
วงปีชัดเจน (ภาพที่ 35A)

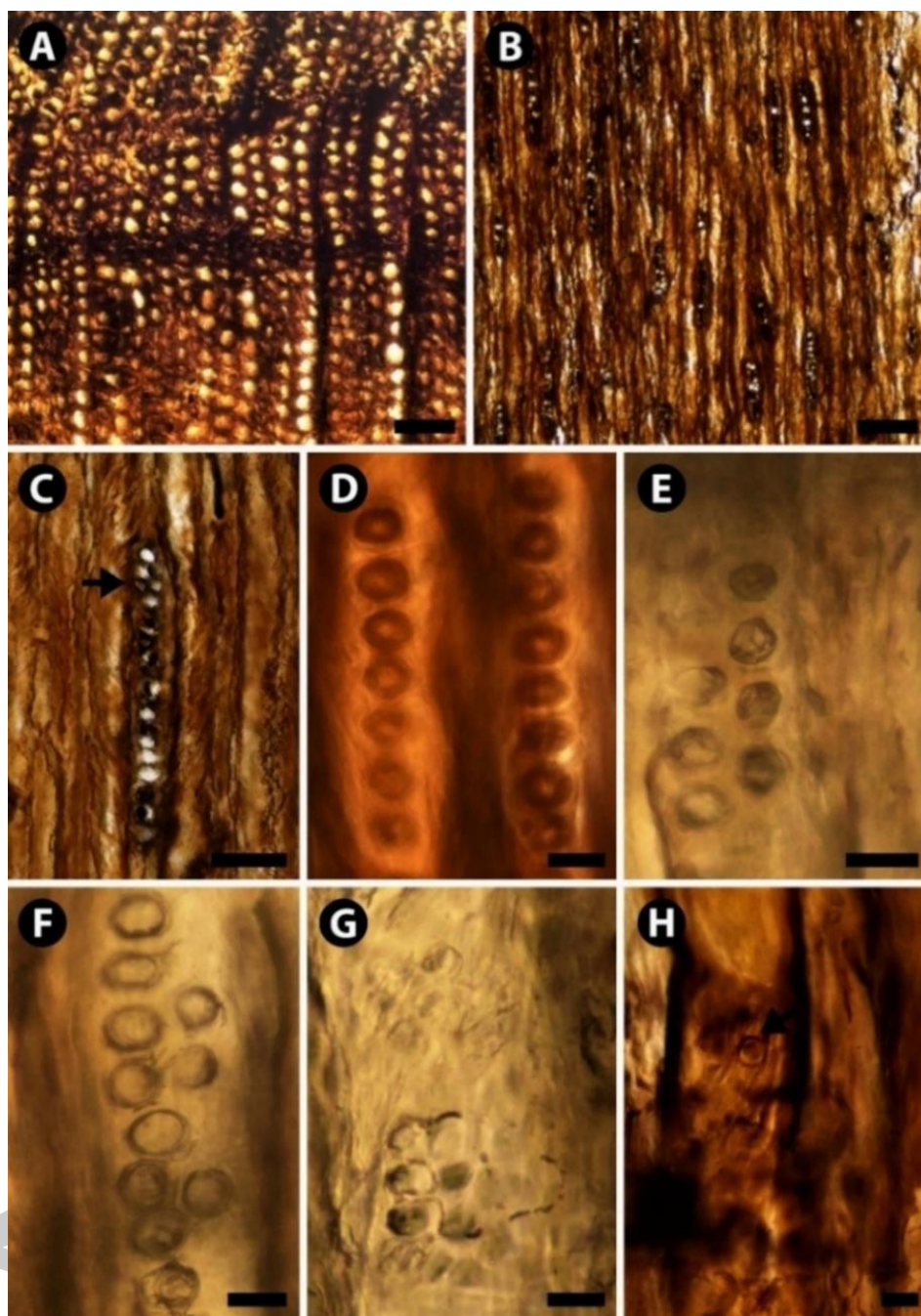
เทรคีดผนังบาง $11.4\ \mu\text{m}$ รูปร่างกลมถึงรูปไข่ ความกว้างเทรคีดเฉลี่ย $51.5\ \mu\text{m}$ ($41.6 - 67.7\ \mu\text{m}$) หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว (ภาพที่ 35D) เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย $20.0\ \mu\text{m}$ ($16.5 - 24.4\ \mu\text{m}$) หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว เรียงตรงข้ามและเรียงสลับ (ภาพที่ 35E) และหลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวอยู่ร่วมกัน เรียงแบบสลับ (ภาพที่ 35F) ไม่พบลวดลายผนังเทรคีดแบบเกลียว

เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว (ภาพที่ 35B) และเรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวอยู่ร่วมกัน (ภาพที่ 35C) ความยาวเรย์เฉลี่ย $229.7\ \mu\text{m}$ ($81.0 - 392.6\ \mu\text{m}$) จำนวนเรย์เฉลี่ย 5 เซลล์ (2 – 11 เซลล์) รูปร่างกลมหรือรี ส่วนปลายของเรย์เป็นแบบเรียบ

Cross-field pits แบบ araucarioid (ภาพที่ 35G, H) ภายใน cross-field pits มีหลุมลักษณะขอบกลมถึงรูปไข่ 6 – 8 หลุม เรียง 2 – 4 แถว แบบเรียงสลับและเรียงตรงข้าม

ไม่พบพาแรงคิมาแนวแกน ท่อน้ำยาง และคริสตัล





ภาพที่ 35 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp.2 (PP-19-3) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหิน
 ภูเก็ต A. วงปีชัดเจน B. เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว และ 1 แถว และ 2 แถวรวมกัน C. เรย์เรียงเป็นแถว 1
 แถว และ 2 แถวอยู่รวมกัน (ลูกศร) D. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว E. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว
 2 แถว แบบเรียงสลับ F. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว และ 2 แถวอยู่รวมกัน แบบเรียงตรงข้าม G,
 H. Cross-field pits แบบ araucarioid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A, B และ G = 200 μm ; H= 100 μm ;
 C, D, E และ F =20 μm .

4.2.7 PP-19-4

วงศ์: Arucariaceae

สกุล: *Agathoxylon* Hartig

ชนิด: *Agathoxylon* sp.2

คำบรรยายลักษณะ:

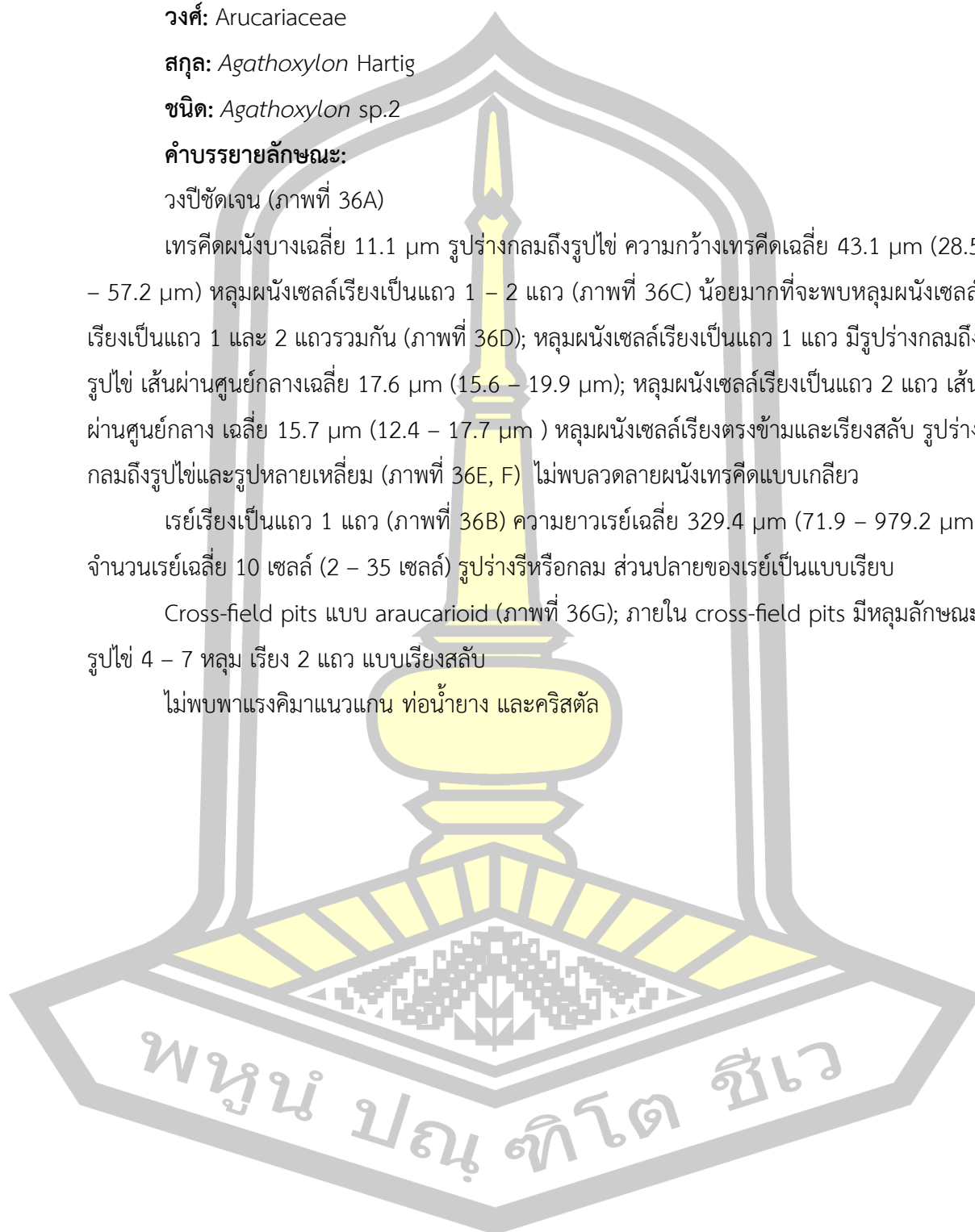
วงปีชัดเจน (ภาพที่ 36A)

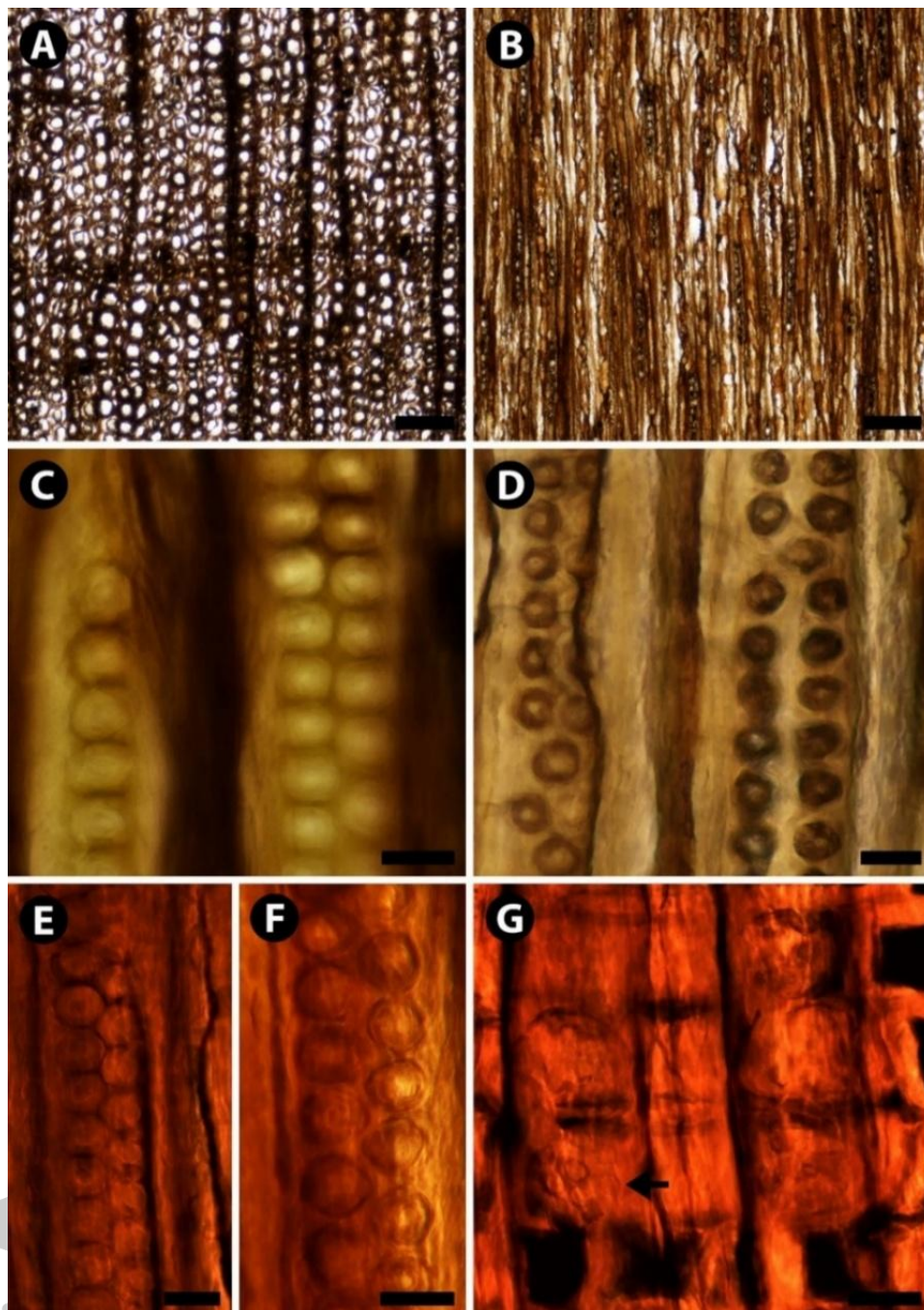
เทรคีดผนังบางเฉลี่ย $11.1\ \mu\text{m}$ รูปร่างกลมถึงรูปไข่ ความกว้างเทรคีดเฉลี่ย $43.1\ \mu\text{m}$ ($28.5 - 57.2\ \mu\text{m}$) หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 – 2 แถว (ภาพที่ 36C) น้อยมากที่จะพบหลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวรวมกัน (ภาพที่ 36D); หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว มีรูปร่างกลมถึงรูปไข่ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย $17.6\ \mu\text{m}$ ($15.6 - 19.9\ \mu\text{m}$); หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย $15.7\ \mu\text{m}$ ($12.4 - 17.7\ \mu\text{m}$) หลุมผนังเซลล์เรียงตรงข้ามและเรียงสลับ รูปร่างกลมถึงรูปไข่และรูปหลายเหลี่ยม (ภาพที่ 36E, F) ไม่พบลวดลายผนังเทรคีดแบบเกลียว

เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว (ภาพที่ 36B) ความยาวเรย์เฉลี่ย $329.4\ \mu\text{m}$ ($71.9 - 979.2\ \mu\text{m}$) จำนวนเรย์เฉลี่ย 10 เซลล์ (2 – 35 เซลล์) รูปร่างรีหรือกลม ส่วนปลายของเรย์เป็นแบบเรียบ

Cross-field pits แบบ araucarioid (ภาพที่ 36G); ภายใน cross-field pits มีหลุมลักษณะรูปไข่ 4 – 7 หลุม เรียง 2 แถว แบบเรียงสลับ

ไม่พบพารงคิมาแนวแกน ท่อน้ำยาง และคริสตัล





ภาพที่ 36 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp.2 (PP-19-4) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหิน
 รูป A. วงปีชัดเจน B. เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว C. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว และ 2 แถว
 แบบเรียงตรงข้าม D. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวรวมกัน แบบเรียงตรงข้าม E. หลุม
 ผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว แบบเรียงสลับรูปร่างหลายเหลี่ยม F. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2
 แถว เรียงสลับรูปร่างกลมถึงรูปไข่ G. Cross-field pits แบบ araucarioid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A
 และ B = 200 μ m; C, D, E, F และ G = 20 μ m.

4.2.8 PP-19-5

วงศ์: Arucariaceae

สกุล: *Agathoxylon* Hartig

ชนิด: *Agathoxylon* sp.1

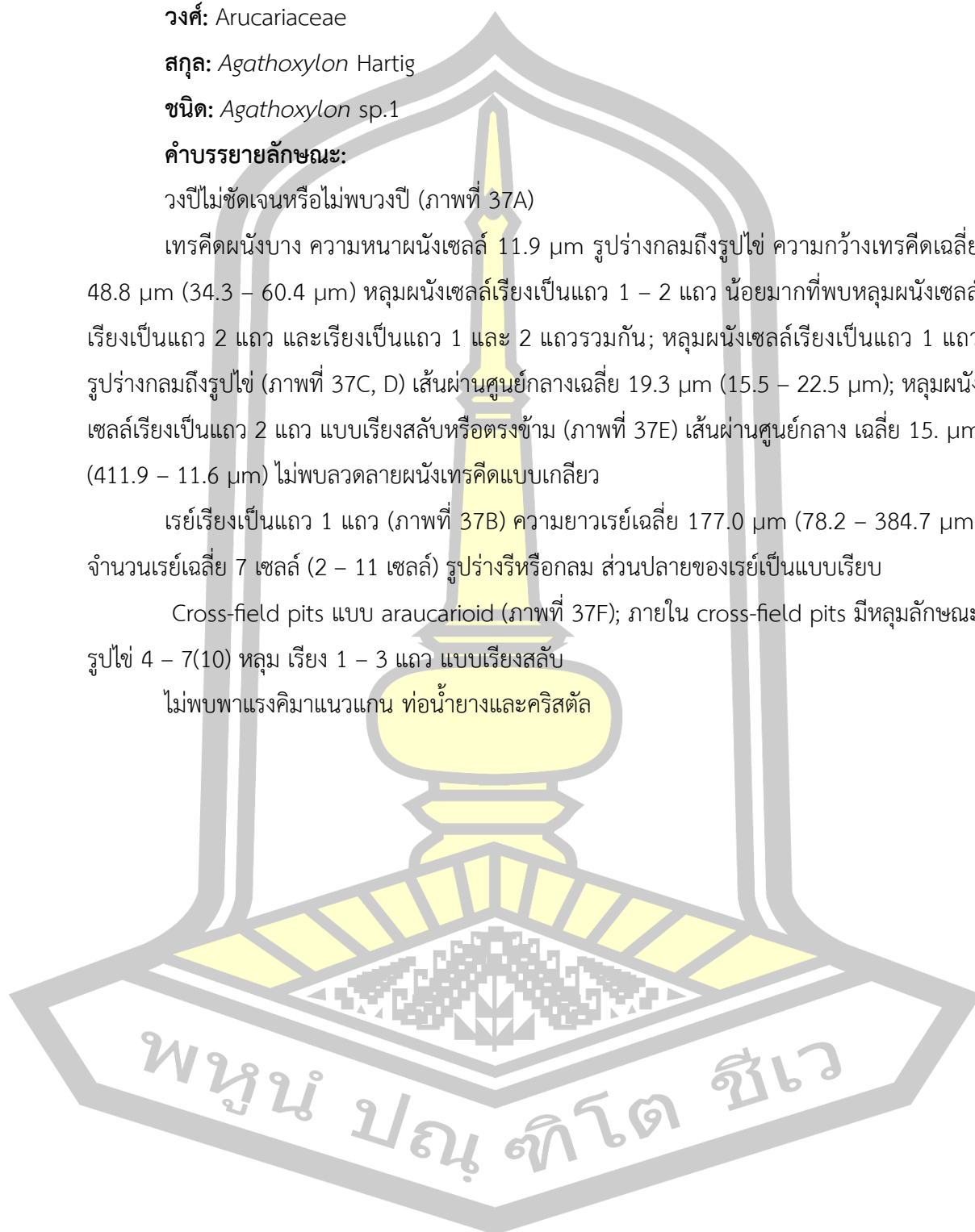
คำบรรยายลักษณะ:

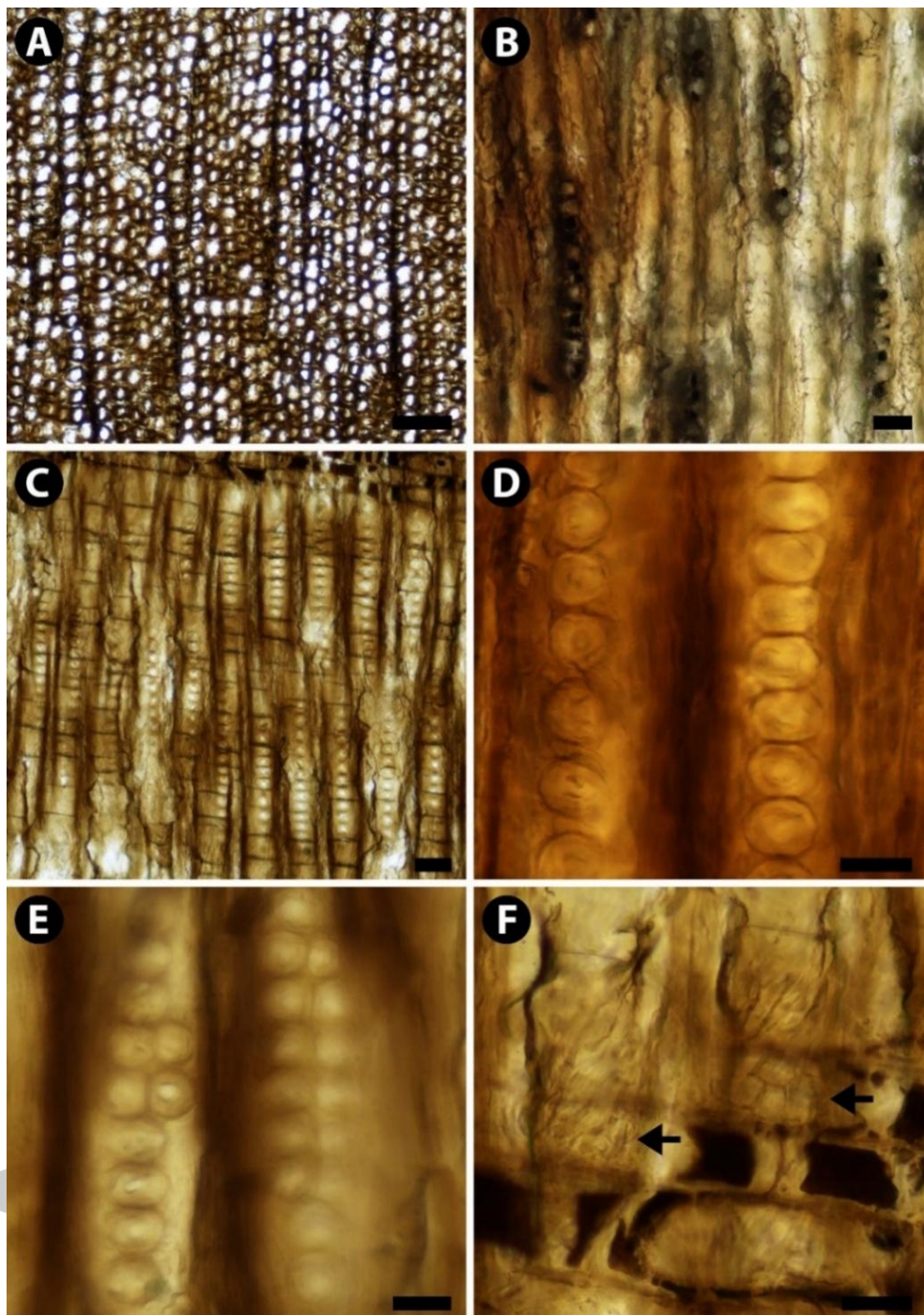
วงปีไม่ชัดเจนหรือไม่พบวงปี (ภาพที่ 37A)

เทรคีดผนังบาง ความหนาผนังเซลล์ $11.9\ \mu\text{m}$ รูปร่างกลมถึงรูปไข่ ความกว้างเทรคีดเฉลี่ย $48.8\ \mu\text{m}$ ($34.3 - 60.4\ \mu\text{m}$) หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 – 2 แถว น้อยมากที่พบหลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว และเรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวรวมกัน; หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว รูปร่างกลมถึงรูปไข่ (ภาพที่ 37C, D) เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย $19.3\ \mu\text{m}$ ($15.5 - 22.5\ \mu\text{m}$); หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว แบบเรียงสลับหรือตรงข้าม (ภาพที่ 37E) เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย $15\ \mu\text{m}$ ($11.9 - 11.6\ \mu\text{m}$) ไม่พบลวดลายผนังเทรคีดแบบเกลียว

เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว (ภาพที่ 37B) ความยาวเรย์เฉลี่ย $177.0\ \mu\text{m}$ ($78.2 - 384.7\ \mu\text{m}$) จำนวนเรย์เฉลี่ย 7 เซลล์ (2 – 11 เซลล์) รูปร่างรีหรือกลม ส่วนปลายของเรย์เป็นแบบเรียบ

Cross-field pits แบบ araucarioid (ภาพที่ 37F); ภายใน cross-field pits มีหลุมลักษณะรูปไข่ 4 – 7(10) หลุม เรียง 1 – 3 แถว แบบเรียงสลับ ไม่พบพาแรงคิมาแนวแกน ท่อน้ำยางและคริสตัล





ภาพที่ 37 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp.1 (PP-19-5) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหิน
 รูปอ A. วงปีไม่ชัดเจนหรือไม่พบวงปี B. เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว C, D. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1
 แถว E. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวอยู่ร่วมกัน เรียงด้านตรงข้าม และหลุมผนังเซลล์
 เรียงเป็นแถว 2 แถว ด้านตรงข้าม F. Cross-field pits แบบ araucarioid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A =
 200 μ m; B และ C = 50 μ m; D, E และ F = 20 μ m.

4.2.9 PP-19-6

วงศ์: Arucariaceae

สกุล: *Agathoxylon* Hartig

ชนิด: cf. *Agathoxylon* sp.

คำบรรยายลักษณะ:

วงปีไม่ชัดเจน (ภาพที่ 38A)

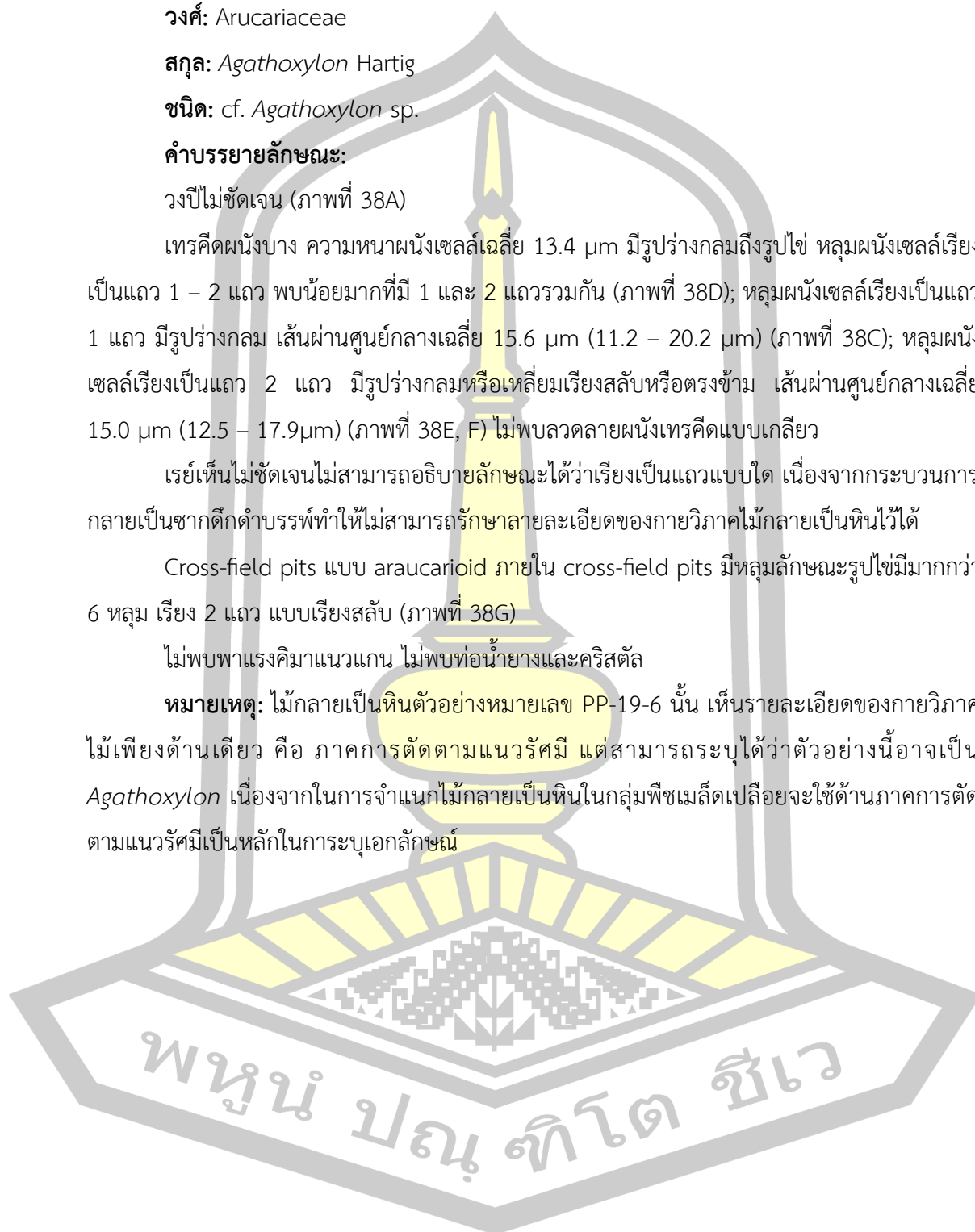
เทรคิตผนังบาง ความหนาผนังเซลล์เฉลี่ย $13.4\ \mu\text{m}$ มีรูปร่างกลมถึงรูปไข่ หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 – 2 แถว พบน้อยมากที่มี 1 และ 2 แถวรวมกัน (ภาพที่ 38D); หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว มีรูปร่างกลม เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย $15.6\ \mu\text{m}$ ($11.2 - 20.2\ \mu\text{m}$) (ภาพที่ 38C); หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว มีรูปร่างกลมหรือเหลี่ยมเรียงสลับหรือตรงข้าม เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย $15.0\ \mu\text{m}$ ($12.5 - 17.9\ \mu\text{m}$) (ภาพที่ 38E, F) ไม่พบลวดลายผนังเทรคิตแบบเกลียว

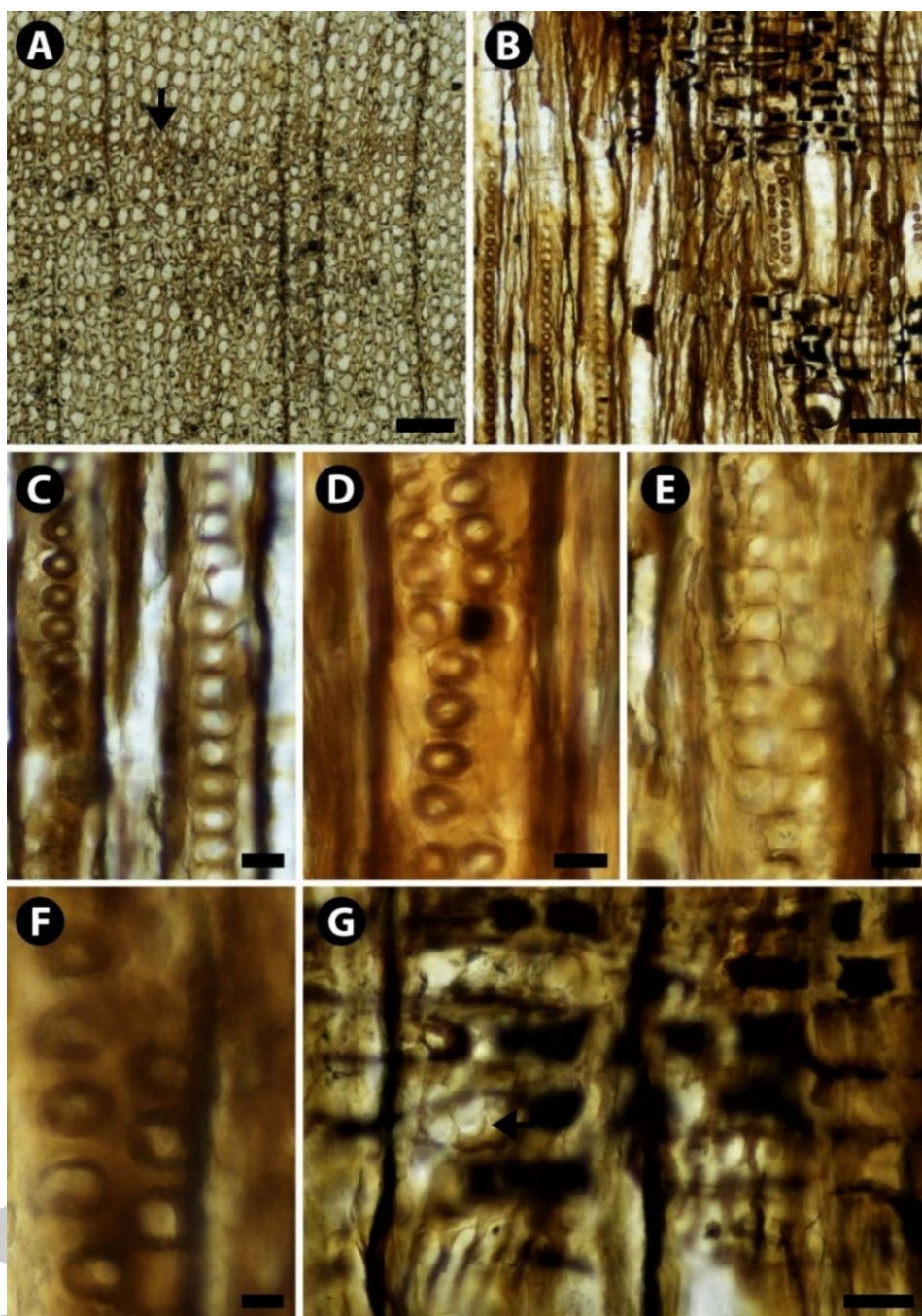
เรย์เห็นไม่ชัดเจนไม่สามารถอธิบายลักษณะได้ว่าเรียงเป็นแถวแบบใด เนื่องจากกระบวนการกลายเป็นซากดึกดำบรรพ์ทำให้ไม่สามารถรักษาลายละเอียดของกายวิภาคไม้กลายเป็นหินไว้ได้

Cross-field pits แบบ araucarioid ภายใน cross-field pits มีหลุมลักษณะรูปไข่มีมากกว่า 6 หลุม เรียง 2 แถว แบบเรียงสลับ (ภาพที่ 38G)

ไม่พบพารงคิมาแนวแกน ไม่พบท่อน้ำยางและคริสตัล

หมายเหตุ: ไม้กลายเป็นหินตัวอย่างหมายเลข PP-19-6 นั้น เห็นรายละเอียดของกายวิภาคไม้เพียงด้านเดียว คือ ภาคการตัดตามแนวรัศมี แต่สามารถระบุได้ว่าตัวอย่างนี้อาจเป็น *Agathoxylon* เนื่องจากในการจำแนกไม้กลายเป็นหินในกลุ่มพืชเมล็ดเปลือยจะใช้ด้านภาคการตัดตามแนวรัศมีเป็นหลักในการระบุเอกลักษณ์





ภาพที่ 38 กายวิภาคของ cf. *Agathoxylon* sp. (PP-19-6) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็น หินปูน A. วงปีไม่ชัดเจน (ลูกศร) B. แสดงหลุมผนังเซลล์และ cross-field pits C. หลุมผนังเซลล์ เรียงเป็นแถว 1 แถว D. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวอยู่ร่วมกัน E. หลุมผนังเซลล์เรียง เป็นแถว 2 แถว เรียงตรงข้าม F. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว เรียงสลับ G. Cross-field pits แบบ araucarioid ขนาดสเกล: A = 200 μ m; B = 100 μ m; C, D, E และ G = 20 μ m; F = 10 μ m.

4.2.10 PP-19-9

วงศ์: *Arucariaceae*

สกุล: *Agathoxylon* Hartig

ชนิด: *Agathoxylon* sp.2

คำบรรยายลักษณะ:

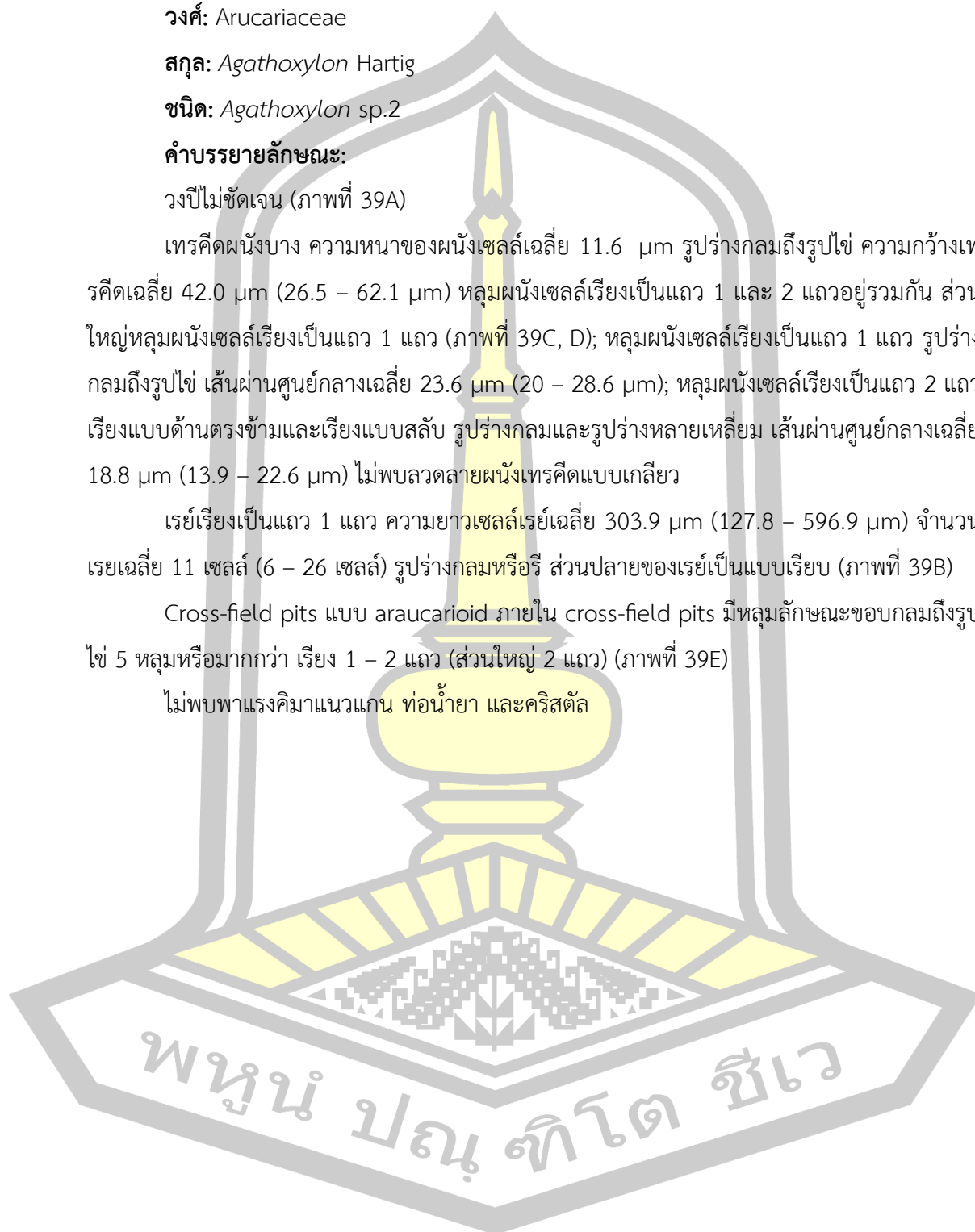
วงปีไม่ชัดเจน (ภาพที่ 39A)

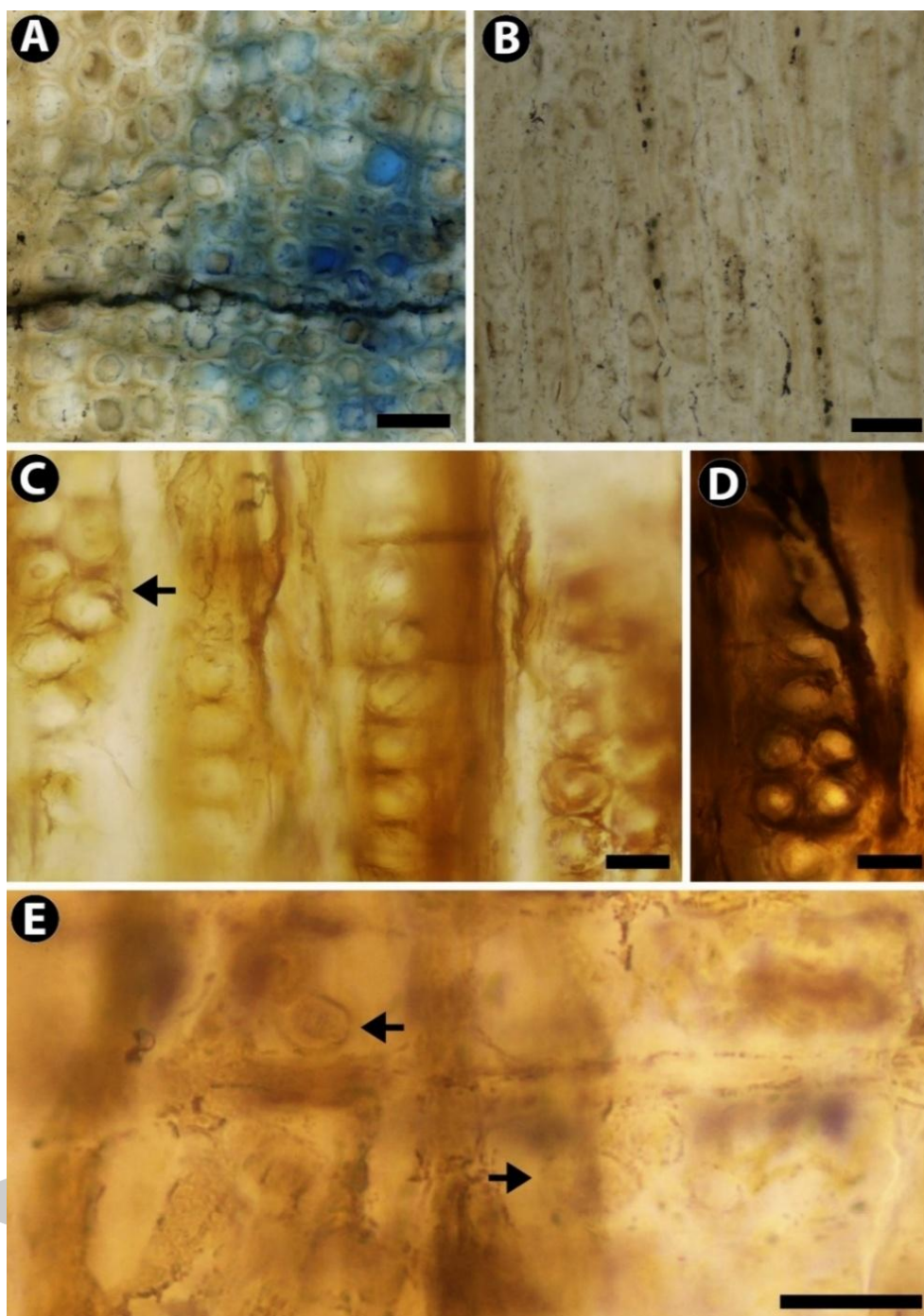
เทรคีดผนังบาง ความหนาของผนังเซลล์เฉลี่ย $11.6\ \mu\text{m}$ รูปร่างกลมถึงรูปไข่ ความกว้างเทรคีดเฉลี่ย $42.0\ \mu\text{m}$ ($26.5 - 62.1\ \mu\text{m}$) หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวอยู่รวมกัน ส่วนใหญ่หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว (ภาพที่ 39C, D); หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว รูปร่างกลมถึงรูปไข่ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย $23.6\ \mu\text{m}$ ($20 - 28.6\ \mu\text{m}$); หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว เรียงแบบด้านตรงข้ามและเรียงแบบสลับ รูปร่างกลมและรูปร่างหลายเหลี่ยม เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย $18.8\ \mu\text{m}$ ($13.9 - 22.6\ \mu\text{m}$) ไม่พบลวดลายผนังเทรคีดแบบเกลียว

เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว ความยาวเซลล์เรย์เฉลี่ย $303.9\ \mu\text{m}$ ($127.8 - 596.9\ \mu\text{m}$) จำนวนเรย์เฉลี่ย 11 เซลล์ (6 – 26 เซลล์) รูปร่างกลมหรือรี ส่วนปลายของเรย์เป็นแบบเรียบ (ภาพที่ 39B)

Cross-field pits แบบ araucarioid ภายใน cross-field pits มีหลุมลักษณะขอบกลมถึงรูปไข่ 5 หลุมหรือมากกว่า เรียง 1 – 2 แถว (ส่วนใหญ่ 2 แถว) (ภาพที่ 39E)

ไม่พบพาแรงคิมาแนวแกน ท่อน้ำยา และคริสตัล





ภาพที่ 39 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp.2 (PP-19-9) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหิน
 ฎปอ A. วงปีไม่ชัดเจน (ลูกศร) B. เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว ส่วนปลายเรย์เห็นไม่ชัดเจน C. หลุมผนัง
 เซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว และหลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวอยู่รวมกัน แบบเรียงสลับ
 (ลูกศร) D. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวอยู่รวมกัน แบบเรียงตรงข้าม E. Cross-field
 pits แบบ araucarioid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A, B = 100 μ m; C, D, E = 20 μ m.

4.2.11 KS34-924

วงศ์: Arucariaceae

สกุล: *Agathoxylon* Hartig

ชนิด: *Agathoxylon* sp.3

คำอธิบายลักษณะ:

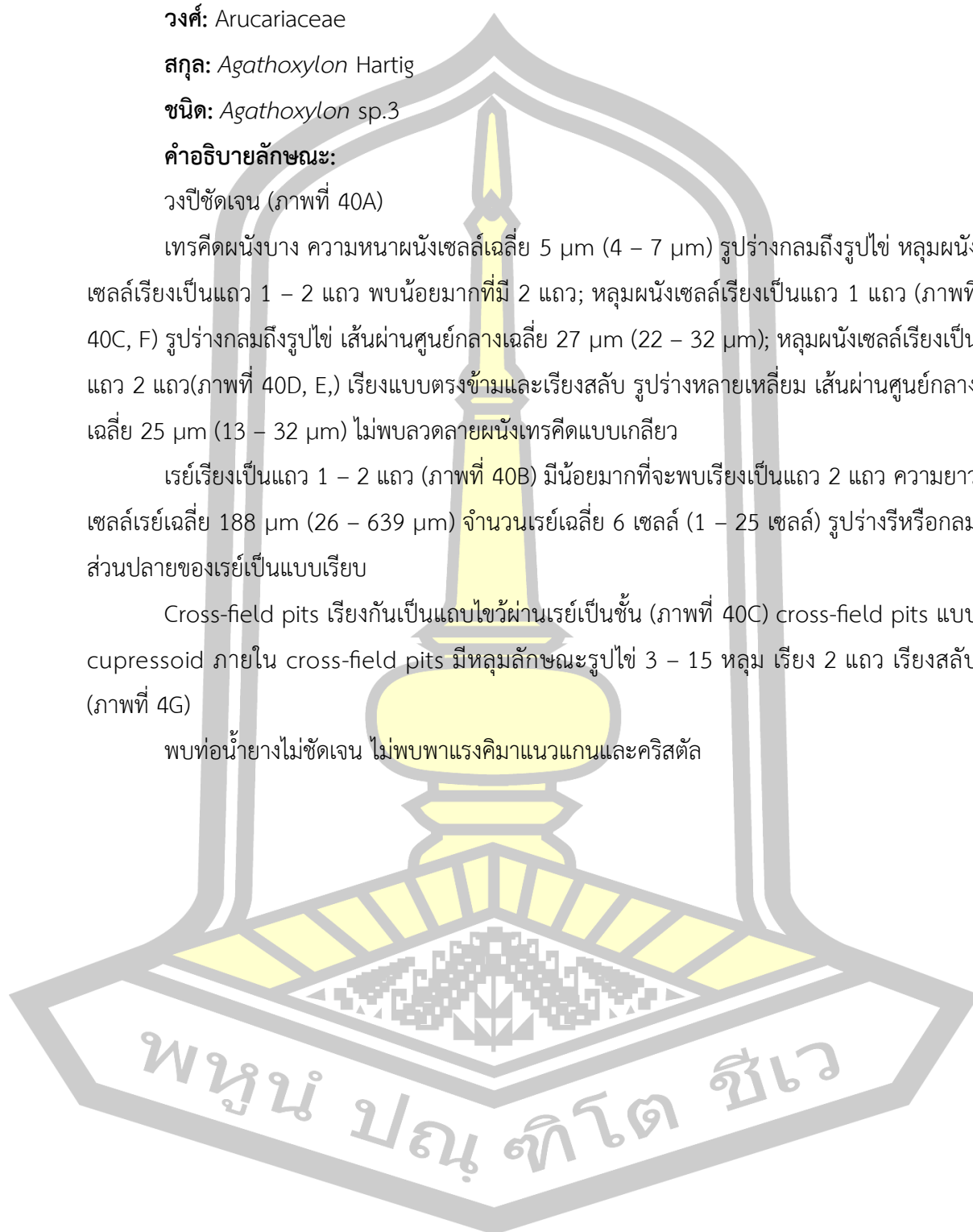
วงปีชัดเจน (ภาพที่ 40A)

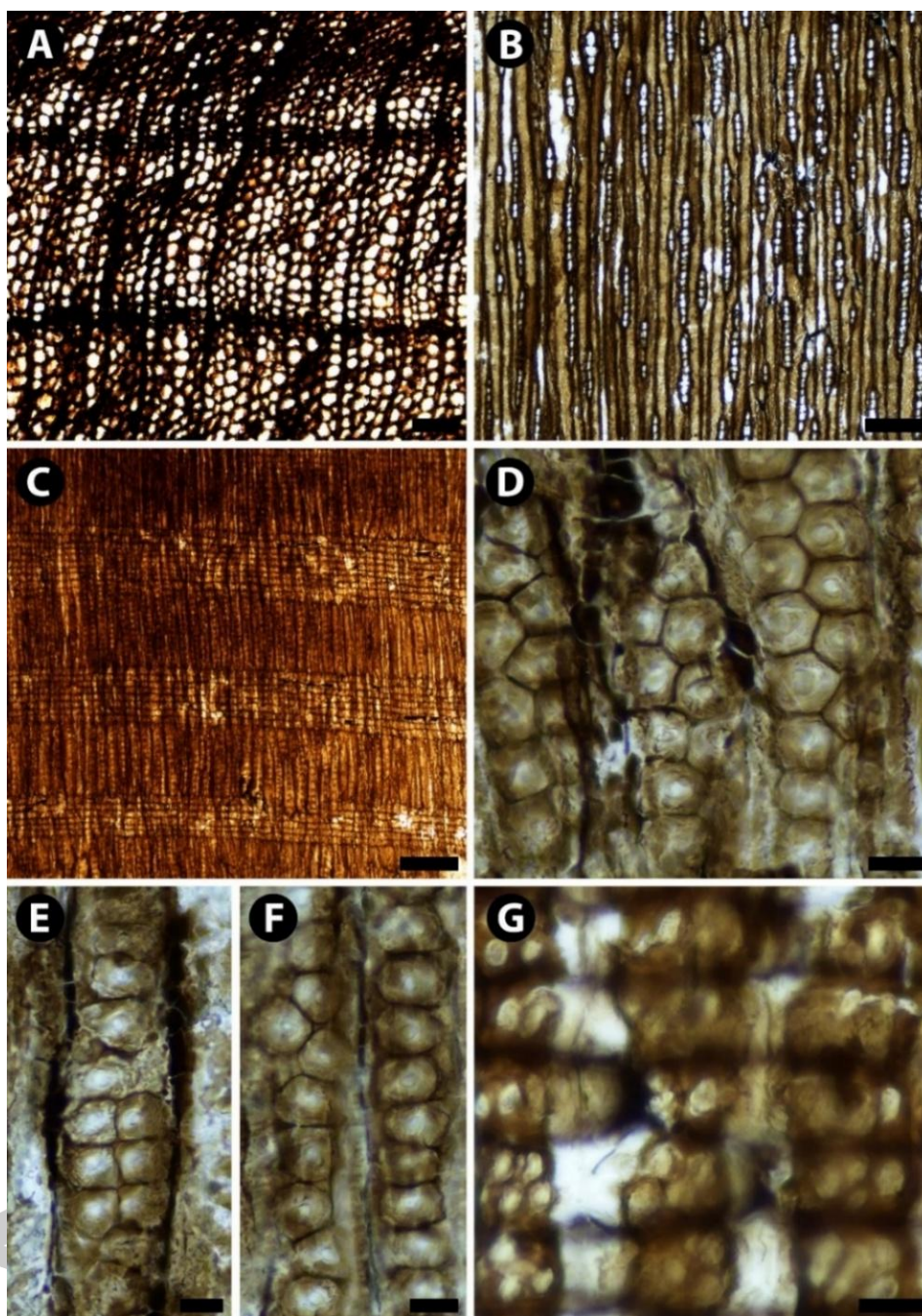
เทรคีดผนังบาง ความหนาผนังเซลล์เฉลี่ย $5\ \mu\text{m}$ ($4 - 7\ \mu\text{m}$) รูปร่างกลมถึงรูปไข่ หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 – 2 แถว พบน้อยมากที่มี 2 แถว; หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว (ภาพที่ 40C, F) รูปร่างกลมถึงรูปไข่ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย $27\ \mu\text{m}$ ($22 - 32\ \mu\text{m}$); หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว (ภาพที่ 40D, E,) เรียงแบบตรงข้ามและเรียงสลับ รูปร่างหลายเหลี่ยม เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย $25\ \mu\text{m}$ ($13 - 32\ \mu\text{m}$) ไม่พบลวดลายผนังเทรคีดแบบเกลียว

เรย์เรียงเป็นแถว 1 – 2 แถว (ภาพที่ 40B) มีน้อยมากที่จะพบเรียงเป็นแถว 2 แถว ความยาวเซลล์เรย์เฉลี่ย $188\ \mu\text{m}$ ($26 - 639\ \mu\text{m}$) จำนวนเรย์เฉลี่ย 6 เซลล์ (1 – 25 เซลล์) รูปร่างรีหรือกลม ส่วนปลายของเรย์เป็นแบบเรียบ

Cross-field pits เรียงกันเป็นแถบไขว้ผ่านเรย์เป็นชั้น (ภาพที่ 40C) cross-field pits แบบ cupressoid ภายใน cross-field pits มีหลุมลักษณะรูปไข่ 3 – 15 หลุม เรียง 2 แถว เรียงสลับ (ภาพที่ 4G)

พบท่อน้ำยางไม่ชัดเจน ไม่พบพารงคิมาแนวแกนและคริสตัล





ภาพที่ 40 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp.3 (KS34-924) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้ำน้อย A. วงปี ชัดเจน B. เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว C. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และพบ cross-field pits อยู่ เรียงกันเป็นแถบไขว้ผ่านเรย์ D. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว รูปร่างหลายเหลี่ยมเรียงสลับ E. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว เรียงตรงข้าม F. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถว G. Cross-field pits แบบ cupressoid ขนาดสเกล: A, B และ C = 200 μ m; D, E, F และ G = 20 μ m.

4.2.12 PN-1

วงศ์: Arucariaceae

สกุล: *Agathoxylon* Hartig

ชนิด: *Agathoxylon* sp.1

คำอธิบายลักษณะ:

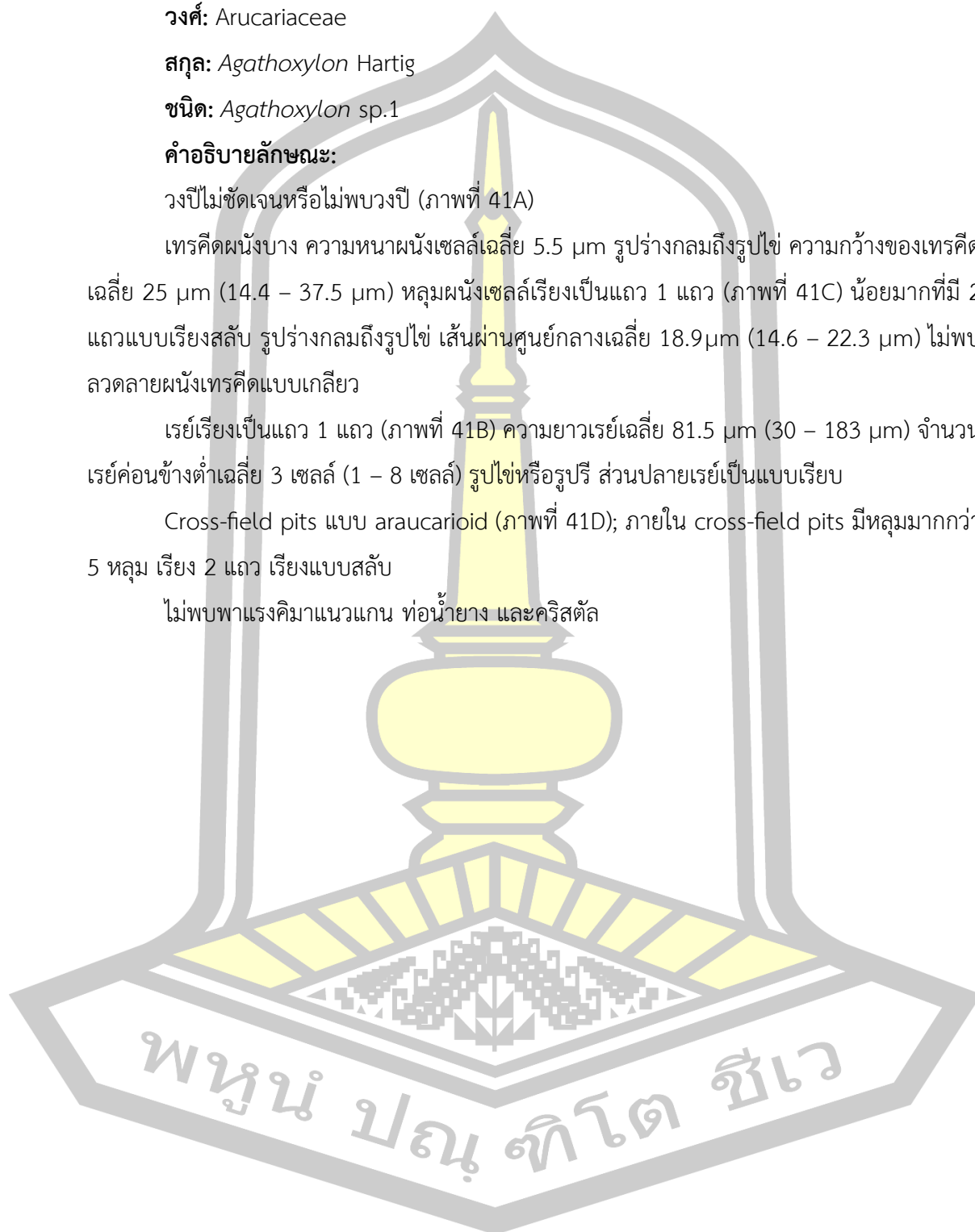
วงปีไม่ชัดเจนหรือไม่พบวงปี (ภาพที่ 41A)

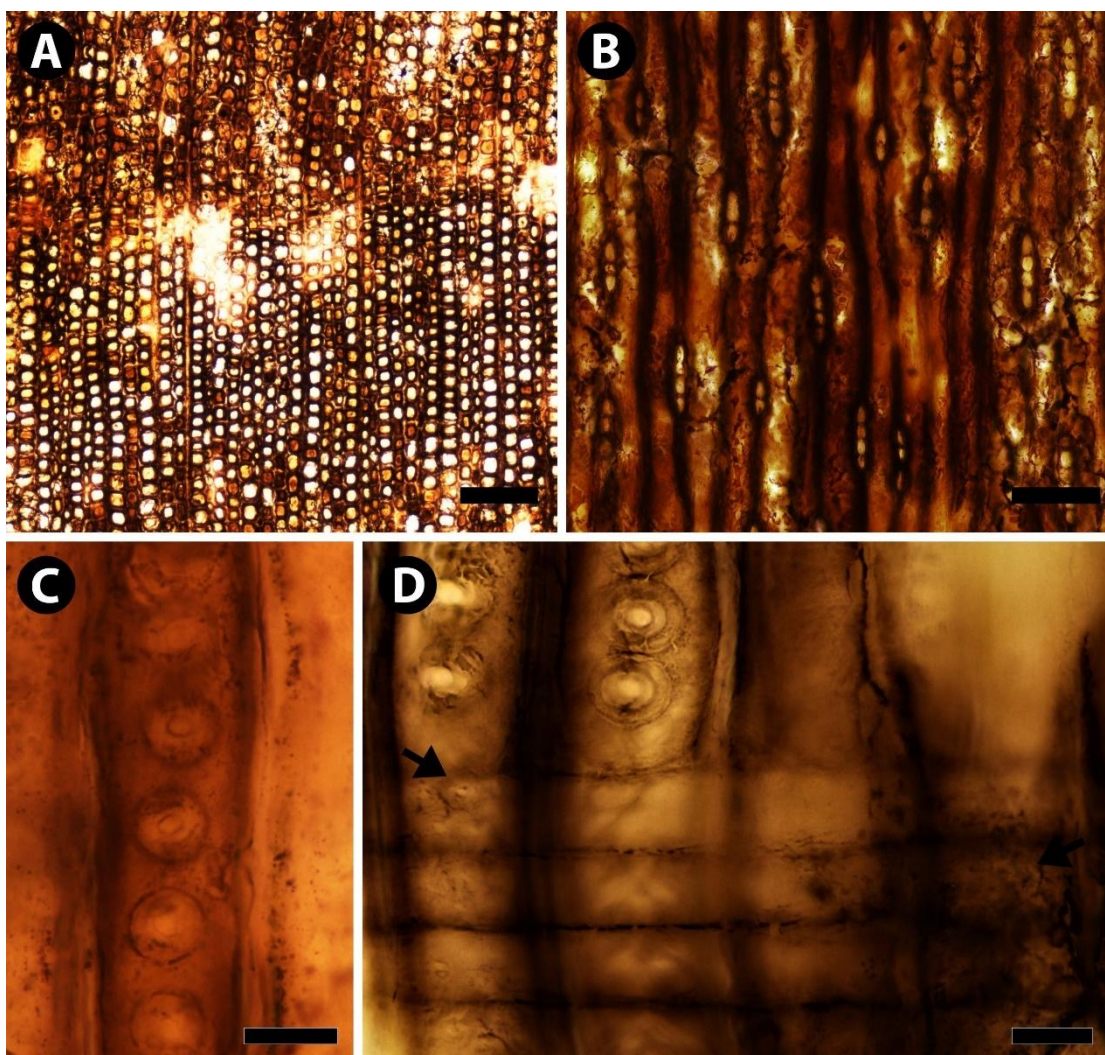
เทรคีดผนังบาง ความหนาผนังเซลล์เฉลี่ย $5.5\ \mu\text{m}$ รูปร่างกลมถึงรูปไข่ ความกว้างของเทรคีดเฉลี่ย $25\ \mu\text{m}$ ($14.4 - 37.5\ \mu\text{m}$) หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว (ภาพที่ 41C) น้อยมากที่มี 2 แถวแบบเรียงสลับ รูปร่างกลมถึงรูปไข่ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย $18.9\ \mu\text{m}$ ($14.6 - 22.3\ \mu\text{m}$) ไม่พบลวดลายผนังเทรคีดแบบเกลียว

เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว (ภาพที่ 41B) ความยาวเรย์เฉลี่ย $81.5\ \mu\text{m}$ ($30 - 183\ \mu\text{m}$) จำนวนเรย์ค่อนข้างต่ำเฉลี่ย 3 เซลล์ (1 – 8 เซลล์) รูปไข่หรือรูปรี ส่วนปลายเรย์เป็นแบบเรียบ

Cross-field pits แบบ araucarioid (ภาพที่ 41D); ภายใน cross-field pits มีหลุมมากกว่า 5 หลุม เรียง 2 แถว เรียงแบบสลับ

ไม่พบพารงคิมาแนวแกน ท่อน้ำยาง และคริสตัล





ภาพที่ 41 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp.1 (PN-1) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้ำน้อย A. วงปีไม่ชัดเจน B. เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว C. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว D. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว และ cross-field pits แบบ araucarioid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A = 200 μ m; B = 100 μ m; C และ D = 20 μ m.

พูน ปณ ทิโต ชีเว

4.2.13 PN-2

วงศ์: Unknown

สกุล: *Shimakuroxylon* Philippe, Boura, Oh & Pons

ชนิด: *Shimakuroxylon japonicum* Philippe, Boura, Oh & Pons

คำบรรยายลักษณะ:

วงปีชัดเจน (ภาพที่ 42A)

เทรคีดผนังบาง ความหนาผนังเซลล์เฉลี่ย $6\ \mu\text{m}$ ($4 - 8\ \mu\text{m}$) รูปร่างกลมถึงรูปไข่ ความกว้างเทรคีดเฉลี่ย $36.6\ \mu\text{m}$ ($30.2 - 50.0\ \mu\text{m}$) หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว (ภาพที่ 42C) น้อยมากที่พบ 2 แถว; หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว รูปร่างกลมถึงไข่ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย $23\ \mu\text{m}$ ($19 - 28\ \mu\text{m}$); หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว เรียงสลับ (ภาพที่ 42E) หรือเรียงตรงข้ามแบบ *japonicum* (ภาพที่ 42D) รูปร่างกลมถึงหลายเหลี่ยม เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย $19\ \mu\text{m}$ ($14 - 25\ \mu\text{m}$) ไม่พบลวดลายผนังเทรคีดแบบเกลียว

เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว มีน้อยมากที่พบเรียงเป็นแถว 1 และ 2 แถวอยู่รวมกัน ความยาวเรย์เฉลี่ย $223\ \mu\text{m}$ ($66 - 578\ \mu\text{m}$) จำนวนเรย์เฉลี่ย 7 เซลล์ ($2 - 20$ เซลล์) รูปร่างรีหรือกลม ส่วนปลายของเรย์เป็นแบบเรียบ (ภาพที่ 42B)

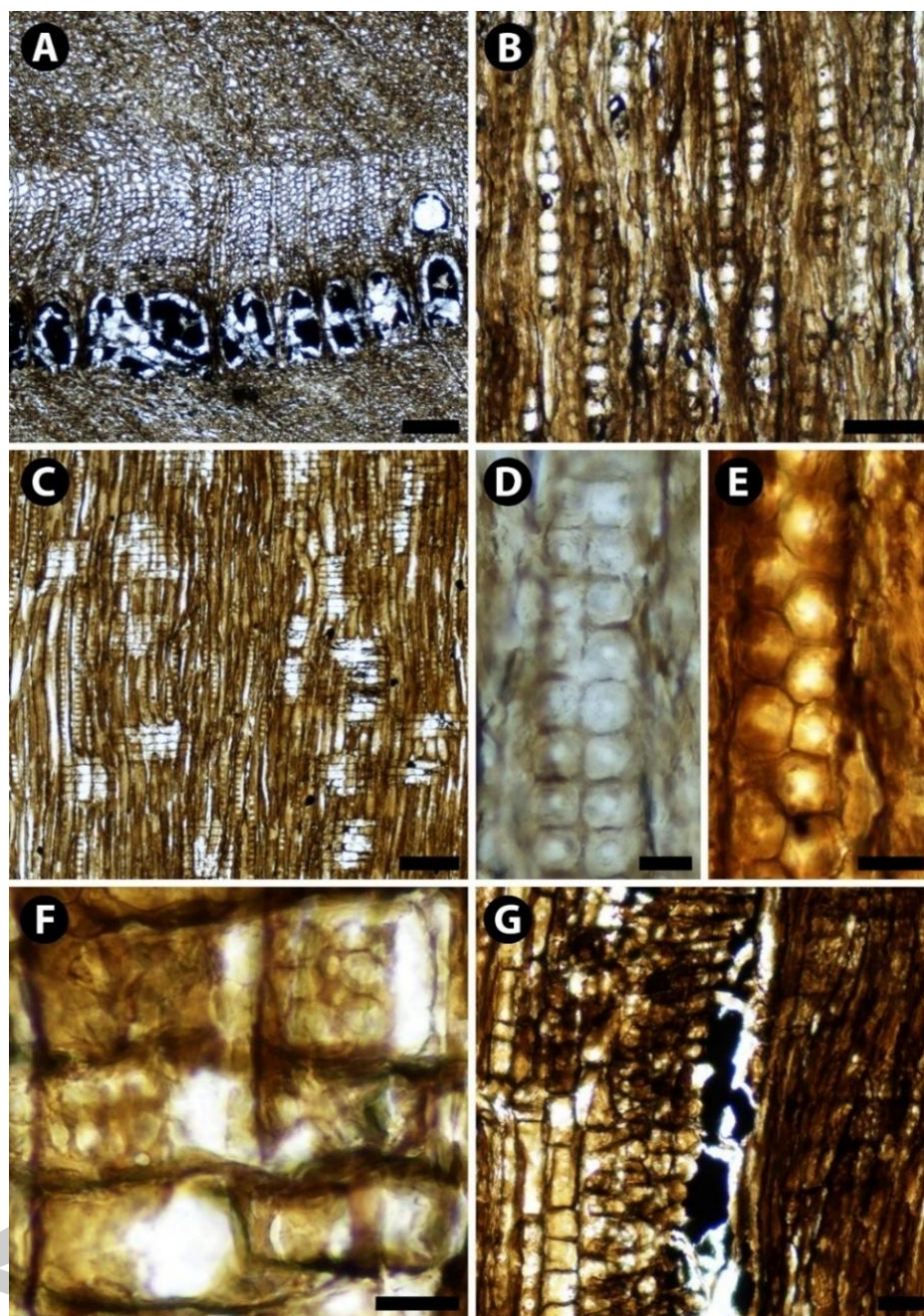
Cross-field pits แบบ cupressoid ภายใน cross-field pits มีหลุมลักษณะรูปรี 4 – 8 หลุม เรียง 2 แถว เรียงตรงข้ามหรือสลับ (ภาพที่ 42F)

พบพาแรงคิมาแนวแกนในด้านการตัดตามขวางและด้านการตัดขนานเส้นสัมผัส

พบท่อน้ำยางในด้านการตัดตามขวางและด้านการตัดขนานเส้นสัมผัส (ภาพที่ 42A, G)

ไม่พบคริสตัล

หมายเหตุ: PN-02 มีความใกล้เคียงกับ *Brachyoxylon boureaui* Vozenin-Serra ซึ่งต่อมาเมื่อมีการตรวจสอบลักษณะทางกายวิภาคอีกครั้งได้ถูกย้ายไปรวมกันเป็นชนิดใหม่ คือ *Shimakuroxylon japonicum* โดยลักษณะทางกายวิภาคของตัวอย่างหมายเลข PN-2 ลักษณะที่บ่งบอกได้ชัดเจนว่าอยู่ในสกุล *Shimakuroxylon* จากการพบหลุมผนังเซลล์แบบ *japonicum* type (ภาพที่ 42D) ซึ่งมีมากกว่า 20% (Philippe et al., 2014) จากการตรวจสอบรูปแบบของหลุมผนังเซลล์ทั้งหมดในตัวอย่างนี้



ภาพที่ 42 กายวิภาคของ *Shimakuroxylon japonicum* (PN-2) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ญี่ปุ่น
 A. วงปีชัดเจนพบน้ำยาง (ลูกศร) B. เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว และเรียงเป็นแถว 1 แถว และ 2 แถวอยู่
 รวมกัน C. หลุมผนังเซลล์ และ cross-field pits D. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว แบบ
japonicum E. หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว รูปร่างหลายเหลี่ยมเรียงสลับ F. Cross-field pits
 แบบ cupressoid G. พอน้ำยาง (ลูกศร) ขนาดสเกล: C = 200 μm ; A และ B = 100 μm ; G = 50
 μm ; D, E และ F = 20 μm .

4.3 ลักษณะร่วมของไม้กลายเป็นหินในพื้นที่ศึกษา

จากตัวอย่างไม้กลายเป็นหินที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด 13 ตัวอย่าง สามารถจำแนกไม้กลายเป็นหินที่ได้อย่างน้อย 4 ชนิด จัดจำแนกเป็นสกุล *Agathoxylon* จำนวน 3 ชนิด คือ *Agathoxylon* sp.1 และ *Agathoxylon* sp.2 และ *Agathoxylon* sp.3 และสกุล *Shimakuroxylon* จำนวน 1 ชนิด คือ *Shimakuroxylon japonicum* แต่ละชนิดสามารถอธิบายลักษณะร่วมได้ดังต่อไปนี้

4.3.1 *Agathoxylon* sp.1

ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินที่จำแนกให้เป็น *Agathoxylon* sp.1 ประกอบไปด้วยหมายเลข ตัวอย่าง PP-19-1, PP-19-2, PP-19-5 และ PN-1 มีลักษณะร่วมกัน คือ ไม้พวงปี เทรคิตมีผนังเซลล์บาง รูปร่างกลมถึงรูปไข่ หลุมผนังเซลล์ส่วนใหญ่เรียงเป็นแถว 1 – 2 แถว รูปร่างหลุมผนังเซลล์กลมถึงรูปไข่ และไม่มีลวดลายแบบเกลียวที่ผนังเทรคิต เรย์ส่วนใหญ่เรียงเป็นแถว 1 แถว มีรูปร่างกลมหรือรี ปลายเรย์แบบเรียบ ไม่พบพาเรงคิมาแนวแกน ท่อน้ำยาง และคริสตัล ทั้งนี้พบ cross-field pits ทั้งแบบ araucarioid และ cupressoid ซึ่งมีจำนวนหลุมประมาณ 4–12 หลุม เรียงตั้งแต่ 1–3 แถว โดยหลุมมีรูปร่างกลมถึงรูปไข่เรียงสลับหรือเป็นแถวตรงข้าม นอกจากนี้ยังพบลักษณะของฟองอากาศที่เกิดจากสารอินทรีย์ระเหยในกระบวนการกลายเป็นหิน สะท้อนการแทนที่ด้วยแร่ที่เกิดขึ้นช้า หลังไม้เริ่มเสื่อมสภาพจากกิจกรรมของจุลินทรีย์หรือรา

4.3.2 *Agathoxylon* sp.2

ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินที่จำแนกให้เป็น *Agathoxylon* sp.2 ประกอบไปด้วยหมายเลข ตัวอย่าง PP-19-3, PP-19-4 และ PP-19-9 มีลักษณะร่วมกัน คือ พวงปีทั้งแบบชัดเจน (PP-19-3, PP-19-4) และแบบไม่ชัดเจน (PP-19-9) เทรคิตมีผนังบาง รูปร่างกลมถึงรูปไข่ หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 – 2 แถว พบทั้งแบบเรียงตรงข้ามและเรียงสลับ หลุมผนังเซลล์ส่วนใหญ่มีรูปร่างกลมถึงรูปไข่ และอาจมีลักษณะหลายเหลี่ยมร่วมด้วยในบางตัวอย่าง ไม่มีลวดลายแบบเกลียวที่ผนังเทรคิต เรย์ส่วนใหญ่เรียงเป็นแถว 1 แถว บางครั้งอาจพบเรย์เรียง 1 และ 2 แถวอยู่ร่วมกัน รูปร่างของเรย์กลมหรือรี ปลายเรย์แบบเรียบ Cross-field pits เป็นแบบ araucarioid ภายในมีหลุมผนังเซลล์ลักษณะขอบกลมถึงรูปไข่ จำนวนประมาณ 4 – 8 หลุม เรียงแบบสลับหรือเรียงตรงข้าม 1 – 4 แถว ไม่พบพาเรงคิมาแนวแกน ท่อน้ำยาง และคริสตัล

4.3.3 *Agathoxylon* sp.3

ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินที่จำแนกให้เป็น *Agathoxylon* sp.3 หมายเลขตัวอย่าง KS34-924 จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อย มีลักษณะเด่น คือ วงปีชัดเจน เทรคิตมีผนังบาง รูปร่างกลมถึงรูปไข่ หลุมผนังเซลล์ส่วนใหญ่เรียงเป็นแถว 1 แถว มีรูปร่างกลมถึงรูปไข่ ในบางบริเวณพบเรียงเป็น 2 แถว แต่พบน้อยมาก มีรูปร่างหลายเหลี่ยม แบบเรียงตรงข้ามหรือสลับ ไม่พบลวดลายแบบเกลียวที่ผนังเท

รศิต เรย์ส่วนใหญ่เรียงเป็นแถว 1 แถว รูปร่างกลมหรือรี ส่วนปลายเรย์แบบเรียบ ในด้านการตัดแนวรัศมีมองเห็น Cross-field pits เรียงกันเป็นแถบยาวสลับมองเห็นเรย์เป็นชั้น Cross-field pits แบบ cupressoid ภายใน cross-field pits มีหลุมรูปไข่จำนวน 3–15 หลุม เรียงสลับเป็น 2 แถว พบท่อน้ำยางแต่ไม่ชัดเจน และไม่มีพาเรงคิมาแนวแกนหรือคริสตัล

4.3.4 *Shimakuroxylon japonicum*

ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินที่จำแนกให้เป็น *Shimakuroxylon japonicum* หมายเลขตัวอย่าง PN-2 มีลักษณะเด่น คือ มีวงปีชัดเจน พบท่อน้ำยางขนาดใหญ่ เทรศิดผนังบาง หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว รูปร่างกลมถึงไข่ และหลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 2 แถว เรียงสลับและเรียงตรงข้ามแบบ *japonicum* รูปร่างกลมถึงหลายเหลี่ยม ซึ่งมีมากกว่า 20% ของหลุมผนังเซลล์ทั้งหมด ไม้กลายเป็นหิน เรย์เรียงเป็นแถว 1 แถว ส่วนปลายของเรย์เป็นแบบเรียบ Cross-field pits แบบ cupressoid

ตารางที่ 6 กายวิภาคเปรียบเทียบไม้กลายเป็นหินที่ใช้ศึกษาจากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหิน ภูโปและแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อย คำย่อ: GR, growth rings; Ax Pa, axial; CFP, cross-field pits; P, present; A, absent; T, traumatic; R, rare.

Taxa	No.	GR	Tracheid	Ray height	CFP	T	Ax Pa
Undetermined	PP-17-1	P	N/A	N/A	N/A	A	A
	PP-17-2	A	N/A	N/A	N/A	A	A
cf. <i>Agathoxylon</i> sp.	PP-17-3	N/A	1-2 seriate, alternate, opposite	N/A	araucarioid 5-13	A	A
	PP-19-6	A	1-2 seriate, opposite, alternate	-	araucarioid >6, 2 rows, alternate	A	A
<i>Agathoxylon</i> sp.1	PP-19-1	A	1-2 seriate, opposite	5-12 (x=8)	araucarioid 5-12, 1-3 rows, alternate, opposite	A	A
	PP-19-2	A	uniseriate, 1-2-seriate	1-15 (x=5)	araucarioid 4- >6, 1-2 rows, alternate	A	A
	PP-19-5	A	1-2 seriate, opposite	2-11 (x=7)	araucarioid 4-7(10), 1-3 rows, alternate	A	A
<i>Agathoxylon</i> sp.2	PP-19-3	P	1-2 seriate, alternate	2-11 (x=5)	araucarioid 6-8, 2-4 rows, alternate,	A	A

Taxa	No.	GR	Tracheid	Ray height	CFP	T	Ax Pa
					opposite		
	PP-19-4	P	1-2 seriate, opposite, alternate	2-35 (x=10)	araucarioid 4-7, 2 rows, alternate	A	A
	PP-19-9	P	1-2 seriate, alternate, opposite	6-26 (x=11)	araucarioid >6, 2 rows, alternate	A	A
	PN-1	P	uniseriate	1-8 (x=3)	araucarioid >5	A	A
<i>Agathoxylon</i> sp.3	KS34-924	P	1-2 seriate, alternate, opposite	1-25 (x=6)	araucarioid 3-15	R	A
<i>Shimakuroxylon japonicum</i>	PN-2	P	1-2 seriate, alternate, opposite	2-20 (x=7)	cupressoid 4-8, 2 rows, opposite, alternate	P	P, R

4.4 การอนุมานสภาพภูมิอากาศ

ในการอนุมานสภาพภูมิอากาศบรรพกาลสามารถวิเคราะห์ได้จากการตรวจสอบวงปีของพืชที่ใช้ในการศึกษา จากตัวอย่างที่ศึกษาในครั้งนี้ พบว่าไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-17-1, PP-19-3, PP-19-4, PP-19-9, KS34-924 และ PN-2 มีวงปีที่ชัดเจน ไม้ปลายฤดู (หน้าแล้ง) มีระยะเวลาที่สั้นสังเกตได้จากจำนวนของเซลล์ทรีเคิดที่มีการเจริญในช่วงเวลาดังกล่าวน้อยและมีผนังเซลล์หนา ต่างจากในช่วงต้นฤดูที่ทรีเคิดมีการแบ่งเซลล์จำนวนมาก รวมถึงมีผนังเซลล์บาง แสดงว่าในแต่ละปีอาจมีสภาพอากาศค่อนข้างชื้นและมีช่วงฤดูแล้งสลับมาเป็นเวลาสั้น ๆ และพบไม้กลายเป็นหินตัวอย่างหมายเลข PP-17-2, PP-19-1, PP-19-2, PP-19-5, PP-19-6, และ PN-1 มีวงปีไม่ชัดเจนหรือไม่พบวงปี การพบพืชสกุลเดียวกันในบริเวณเดียวกันแต่มีทั้งที่พบวงปีและไม่พบวงปีนี้อาจคาดการณ์ได้ว่าเป็นเพราะมีความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำที่แตกต่างกัน ไม้บางต้นในรายงานนี้ที่ไม่พบวงปีอาจมีการเจริญเติบโตบริเวณดินเขาหรือใกล้แหล่งน้ำมากกว่าจึงทำให้ไม่พบความแตกต่างของผนังเซลล์ในเนื้อไม้ ส่วนไม้ที่มีวงปีอาจเจริญเติบโตบริเวณที่มีระดับความสูงขึ้นไปบนยอดเขาความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำน้อย

พูน ปณ จิต ชีเว

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาลักษณะทางกายวิภาคของไม้กลายเป็นหินในแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูโป และภูน้อย อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ ทั้งหมด 13 ตัวอย่าง ได้จำนวน 2 สกุล คือ *Agathoxylon* และ *Shimakuroxylon* ผลจากการเปรียบเทียบลักษณะทางกายวิภาคไม้กลายเป็นหินทั้ง 2 สกุล ด้วยรูปวิธานที่ใช้จำแนกชื่อวิทยาศาสตร์ไม้กลายเป็นหินหายากมีโซไซติกของ (Philippe & Bamford, 2008) จัดอยู่ในกลุ่มที่มีหลุมผนังเซลล์แบบ araucarian นอกจากนี้ ยังได้อ้างอิงระบบการจำแนกลักษณะทางกายวิภาคพืชโดยใช้รหัสลักษณะจากฐานข้อมูล IAWA (International Association of Wood Anatomists) บนแพลตฟอร์ม InsideWood เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกับพรรณไม้ในยุคปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม ไม่พบลักษณะใดที่บ่งชี้ว่าไม้กลายเป็นหินเหล่านี้เป็นพืชที่ยังหลงเหลือว่ามีการกระจายพันธุ์อยู่ในยุคปัจจุบัน (ดูรายละเอียดในภาคผนวก 2) ผลการศึกษานี้สามารถจำแนกไม้กลายเป็นหินทั้งสองสกุลออกเป็นอย่างน้อย 4 ชนิด ได้แก่ สกุล *Agathoxylon* จำนวน 3 ชนิด และ *Shimakuroxylon* จำนวน 1 ชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีลักษณะทางกายวิภาคที่คล้ายคลึงกันบางประการ แต่ก็มีลักษณะเฉพาะที่ใช้ในการจำแนกแยกชนิดอย่างชัดเจน ดังนี้

1. *Agathoxylon* sp.1 จากตัวอย่างไม้กลายเป็นหิน 4 ตัวอย่าง (PP-19-1, PP-19-2, PP-19-5 และ PN-1) มีลักษณะเด่นคือ ไม้พวงปี เทรคิตผนังบาง หลุมผนังเซลล์ส่วนใหญ่เรียงเป็นแถว 1-2 แถว ไม่มีลวดลายแบบเกลียวในเทรคิต cross-field pits แบบ araucarioid และ cupressoid จำนวนหลุม 4-12 เรียง 1-3 แถว มีร่องรอยฟองอากาศจากการกลายเป็นหิน แสดงถึงกระบวนการแทนที่แร่ที่เกิดขึ้นซ้ำ

2. *Agathoxylon* sp.2 จากตัวอย่างไม้กลายเป็นหิน 3 ตัวอย่าง (PP-19-3, PP-19-4 และ PP-19-9) ลักษณะเด่นคือ พวงปีทั้งแบบชัดเจนและไม่ชัดเจน เทรคิตผนังบาง หลุมผนังเซลล์เรียง 1-2 แถวแบบตรงข้ามหรือสลับ ไม่มีลวดลายแบบเกลียวในเทรคิต cross-field pits แบบ araucarioid จำนวนหลุม 4-8 หลุม ไม่มีพาเรงคิมา ท่อน้ำยาง หรือคริสตัล

3. *Agathoxylon* sp.3 จากตัวอย่างไม้กลายเป็นหิน 1 ตัวอย่าง (KS34-924) จากแหล่งภูน้อย มีลักษณะเด่นคือ วงปีชัดเจน เทรคิตผนังบาง หลุมผนังเซลล์เรียงเป็นแถว 1-2 แถว ส่วนมากเป็นแถวเดี่ยว เรียง 1 แถว เรียบ ในด้านการตัดแนวรัศมีมองเห็น cross-field pits เรียงกันเป็นแถบยาวสลับกับเรย์เป็นชั้น Cross-field pits แบบ cupressoid มี 3-15 หลุม/field เรียงสลับเป็น 2 แถว พบท่อน้ำยางไม่ชัดเจน

4. *Shimakuroxylon japonicum* จากตัวอย่างไม้กลายเป็นหิน 1 ตัวอย่าง (PN-2) มีลักษณะเด่นคือ วงปีชัดเจน พบท่อน้ำยางขนาดใหญ่ เทรคิตผนังบาง หลุมผนังเซลล์เรียง 1-2 แถว มี

ลักษณะตรงข้ามและสลับแบบ japonicum มากกว่า 20% ของหลุมผนังเซลล์ทั้งหมด เรย์เรียง 1 แถว Cross-field pits แบบ cupressoid

5.1 อายุของแหล่งซากดึกดำบรรพ์

จากการรายงานการค้นพบซากดึกดำบรรพ์สัตว์มีกระดูกสันหลังที่ผ่านมาแสดงว่า ภู่น้อยมีอายุอยู่ในช่วงปลายยุคจูแรสซิก (Buffetaut et al., 2001; Buffetaut & Suteethorn, 2007; Tong et al., 2009, 2019) การศึกษาเรณูวิทยาบ่งบอกว่าหมวดหินภูกระดึงอยู่ในช่วงปลายยุคครีเทเชียส (Racey & Goodall, 2009) ในกรณีของภู่น้อยมีลักษณะที่ตั้งที่อยู่ทางตอนล่างของหมวดหินภูกระดึง จึงมีการเสนออายุของชั้นหินในช่วงปลายจูแรสซิก (?Tithonian) (Martin, 2011; Deesri et al., 2013; Cuny et al., 2014; Liard & Martin et al., 2015) ดังนั้น อายุของภู่น้อยบ่งชี้ได้ว่าอยู่ให้ช่วงระหว่างปลายยุคจูแรสซิก (Tithonian) ถึงต้นยุคครีเทเชียส (Berriasian)

การศึกษากายวิภาคไม้กลายเป็นหินจากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภู่อและภู่น้อยในครั้งนี้ ช่วยสนับสนุนหลักฐานงานวิจัยเกี่ยวกับการลำดับชั้นหินที่ผ่านมาได้ดี เพราะพบไม้กลายเป็นหินสกุลที่มีการกระจายทางภูมิศาสตร์อย่างจำกัด จากรายงานของ (Philippe et al., 2014) *Shimakuroxylon* ในละติจูดบรรพกาล (paleolatitude) ที่ 12° N และ 25° N และยังพบในชั้นหินที่มีการกระจายที่ไม่กว้างมากนัก เฉพาะในช่วงอายุ Tithonian ถึง Aptian ดังนั้น การค้นพบไม้กลายเป็นหินสกุล *Shimakuroxylon* ที่แหล่งซากดึกดำบรรพ์ภู่น้อยจึงช่วยสนับสนุนว่า อายุของชั้นหินในแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภู่น้อยอยู่ในช่วงจูแรสซิกตอนปลาย นอกจากนี้ *Shimakuroxylon* sp. ยังเป็นไม้กลายเป็นหินที่อายุเก่าแก่ที่สุดในกลุ่มหินโคราชอีกด้วย

5.2 สภาพภูมิอากาศบรรพกาล

Shimakuroxylon เป็นพรรณไม้กลายเป็นหินที่มีความสำคัญในพฤกษศาสตร์วิทยาของมหายุคมีโซโซอิก โดยมีการกระจายตัวอย่างจำกัดในภูมิภาคเอเชียตะวันออก พบได้ในประเทศญี่ปุ่น ไทย กัมพูชา เวียดนาม และบางพื้นที่ของจีน เช่น ลาซา (Lhasa) และตอนกลางของที่ราบสูงทิเบต (Philippe et al., 2014) รวมถึงบริเวณจีนตะวันออก (Chen et al., 2024) ข้อมูลซากดึกดำบรรพ์พืชจากแหล่งต่าง ๆ ชี้ให้เห็นว่า *Shimakuroxylon* มีช่วงการกระจายพันธุ์ครอบคลุมตั้งแต่ยุคจูแรสซิกถึงครีเทเชียส และพบเฉพาะในแนวพาลีโอละติจูดบรรพกาลระหว่าง 12° N ถึง 25° N ซึ่งสอดคล้องกับพื้นที่ภูมิอากาศร้อนชื้นถึงอบอุ่นในแถบละติจูดต่ำถึงปานกลางของเอเชียตะวันออก (Philippe et al., 2014) ลักษณะการกระจายตัวของ *Shimakuroxylon* บ่งชี้ได้ว่าเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตตามแนวแผ่นดินที่มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา และมีข้อจำกัดเชิงนิเวศให้อยู่ในภูมิอากาศที่มีความชื้นสูงตลอดปีหรือมีลักษณะชื้นตามฤดูกาล ซึ่งแนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับสภาพอากาศ

ศในอดีตของพื้นที่แหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินรูปอและญ้อย ที่พบหลักฐานของ *Shimakuroxylon* ร่วมกับไม้กลายเป็นหินสกุล *Xenoxylon* อันเป็นสกุลที่เจริญเติบโตในสภาพภูมิอากาศชื้นและเย็น (Philippe et al., 2013; Boonchai & Philippe, 2017; Boonchai et al., 2020)

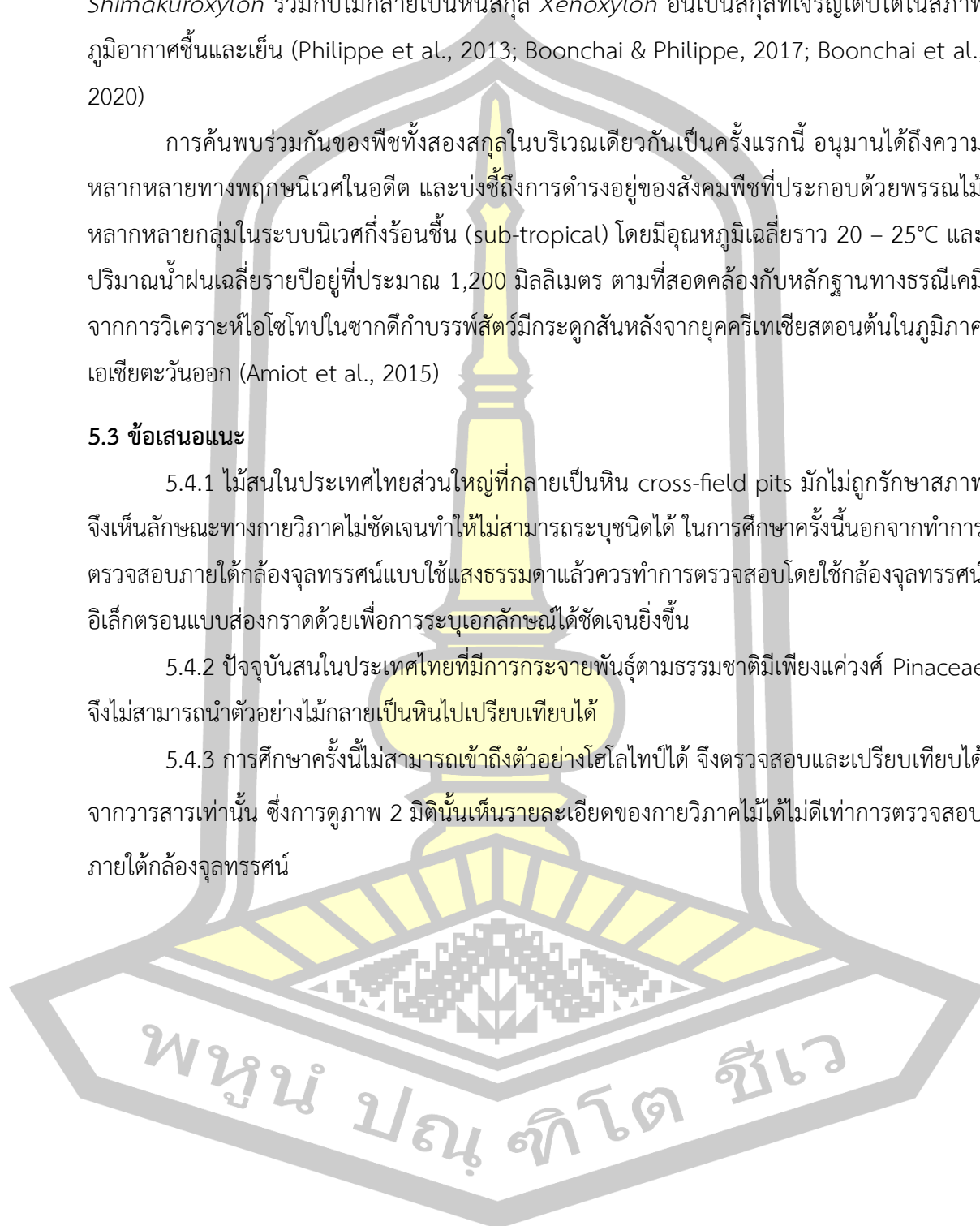
การค้นพบร่วมกันของพืชทั้งสองสกุลในบริเวณเดียวกันเป็นครั้งแรกนี้ อนุมานได้ถึงหลากหลายทางพฤกษนิเวศในอดีต และบ่งชี้ถึงการดำรงอยู่ของสังคมพืชที่ประกอบด้วยพรรณไม้หลากหลายกลุ่มในระบบนิเวศกึ่งร้อนชื้น (sub-tropical) โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยราว 20 – 25°C และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีอยู่ที่ประมาณ 1,200 มิลลิเมตร ตามที่สอดคล้องกับหลักฐานทางธรณีเคมีจากการวิเคราะห์ไอโซโทปในซากดึกดำบรรพ์สัตว์มีกระดูกสันหลังจากยุคครีเทเชียสตอนต้นในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียง (Amiot et al., 2015)

5.3 ข้อเสนอแนะ

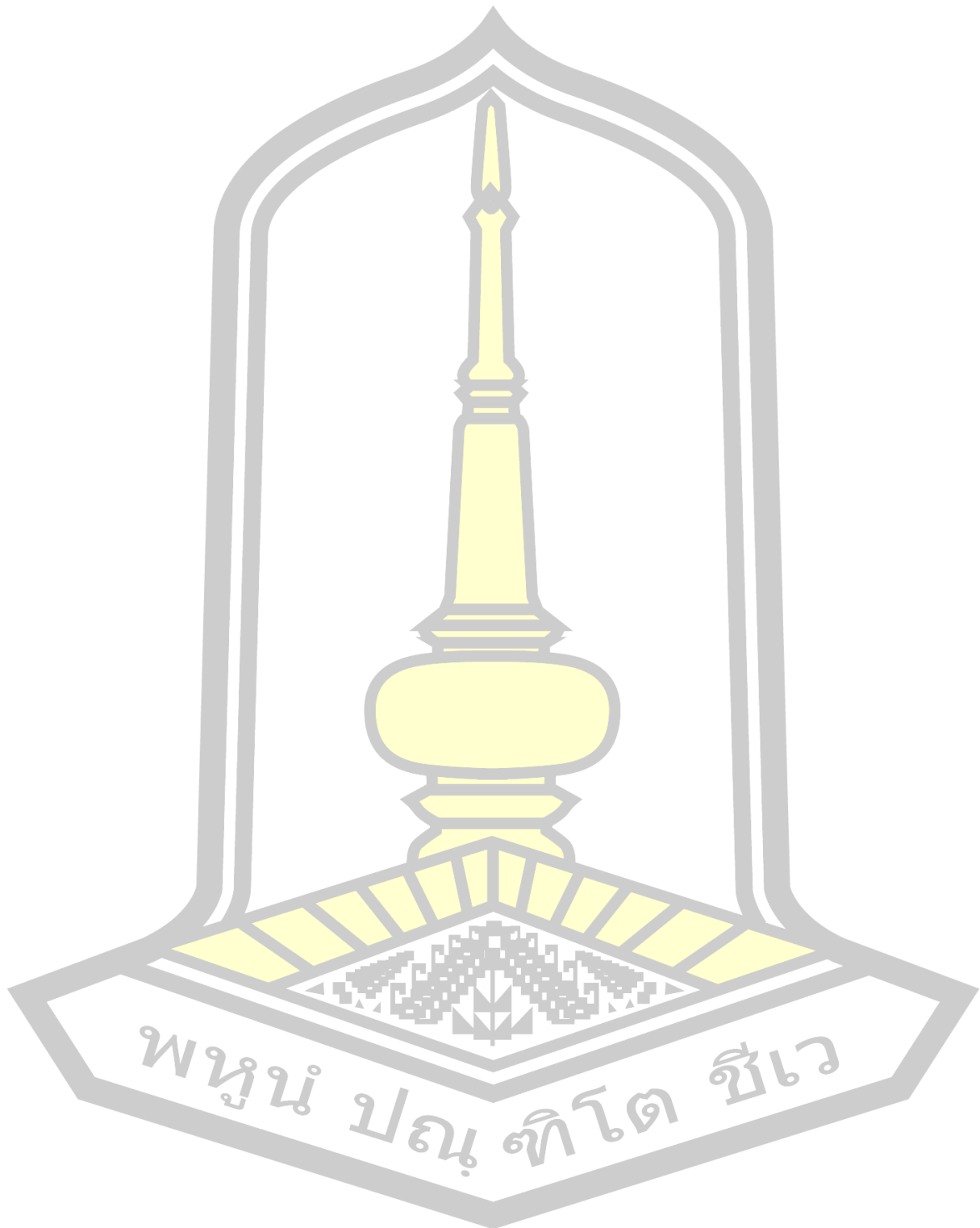
5.4.1 ไม้สนในประเทศไทยส่วนใหญ่ที่กลายเป็นหิน cross-field pits มักไม่ถูกรักษาสภาพ จึงเห็นลักษณะทางกายวิภาคไม่ชัดเจนทำให้ไม่สามารถระบุชนิดได้ ในการศึกษาครั้งนี้นอกจากทำการตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงธรรมดาแล้วควรทำการตรวจสอบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดด้วยเพื่อการระบุเอกลักษณ์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

5.4.2 ปัจจุบันสนในประเทศไทยที่มีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติมีเพียงแค่วงศ์ Pinaceae จึงไม่สามารถนำตัวอย่างไม้กลายเป็นหินไปเปรียบเทียบได้

5.4.3 การศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถเข้าถึงตัวอย่างโฮโลไทป์ได้ จึงตรวจสอบและเปรียบเทียบได้จากวารสารเท่านั้น ซึ่งการดูภาพ 2 มิตินั้นเห็นรายละเอียดของกายวิภาคไม้ได้ไม่ดีเท่าการตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์



บรรณานุกรม



- กรมทรัพยากรธรณี. (2550a). *ธรณีวิทยาประเทศไทย*. กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมทรัพยากรธรณี. (2550b). *แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดกาฬสินธุ์*. <https://gisportal.dmr.go.th/portal/apps/MapSeries/index.html?appid=927a0f2c42f44c40ab6cb03109682ebf>
- กรมแผนที่ทหาร. (2551). *แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000. ระวัง 5742 IV. อำเภอคำม่วง. ลำดับชุด L7017 พิมพ์ครั้งที่ 2-R7SD*.
- กฤษณา ชูติมา. (2547). *หลักเคมีทั่วไป เล่ม 1*. กรุงเทพฯ.
- รัชชัย สันติสุข. (2549). *ป่าไม้ของไทย* (ก่องกานดา ชยามฤต, Ed.). สำนักหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.
- ประเทือง จินตสกุล. (2551). *หนังสือที่ระลึกเนื่องในโอกาสสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เสด็จพระราชดำเนินทรงเปิด อาคารสิรินธร ณ สถาบันวิจัยไม้กลายเป็นหินและทรัพยากรธรณี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. นครราชสีมา : สถาบันวิจัยไม้กลายเป็นหินและทรัพยากรธรณี*.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2544). *พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถาน*. อรุณการพิมพ์.
- สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2560). *พจนานุกรมศัพท์พฤกษศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน (1st ed.)*. สำนักพิมพ์คณะรัฐมนตรีและราชกิจจานุเบกษา.
- สำนักงานหอพรรณไม้. (2561). *สารานุกรมพืชในประเทศไทย*. สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. <https://www.dnp.go.th/botany/dictindex.html>
- Amiot, R., Wang, X., Zhou, Z., Wang, X., Lécuyer, C., Buffetaut, E., Fluteau, F., Ding, Z., Kusuhashi, N., Mo, J., Philippe, M., Suteethorn, V., Wang, Y., & Xu, X. (2015). Environment and ecology of East Asian dinosaurs during the Early Cretaceous inferred from stable oxygen and carbon isotopes in apatite. *Journal of Asian Earth Sciences*, 98, 358–370. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2014.11.032>
- Asama, K. (1973). Some younger Mesozoic plants from the Lom Sak Formation, Thailand. *Geology and Palaeontology of Southeast Asia*, 13, 39–46.
- Afonin, M. A. (2019). *Xenoxylon* (Coniferales) fossil woods from the Jurassic and Cretaceous deposits of Siberia and the Russian Far East. *Paleontological Journal*, 53, 89–104.

- Asama, K., Nakrsri, N., Hinthong, C., & Sinsakul, Sin. (1981). Mesozoic plants from Trang Thailand. *Contributions to the Geology and Palaeontology of Southeast Asia, CCXII*, 35–47.
- Bamford, M. K., & Philippe, M. (2001). Jurassic-Early Cretaceous Gondwanan homoxylous woods: a nomenclatural revision of the genera with taxonomic notes. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 113, 287–297.
- Benyasuta P. (2003). *Petrified wood of Northeastern Thailand and its Implication on Biodiversity and the Ecosystem during the Cenozoic Era*.
- Boonchai, N. (2008). *The study of the biodiversity and comparative anatomy of petrified wood in the area of the northeastern research institute of petrified wood and mineral resources, thailand*.
- Boonchai N, & Philippe M, C. P. M. L. (2017). A preliminary investigation of fossil wood from Lower Mekong Basin of Southeast Asia. *Global Geology*, 20(3), 131–141.
- Boonchai, N., Suteethorn, S., Sereeprasirt, W., & Philippe, M. (2020). *Xenoxylon*, a boreal fossil wood in the Mesozoic redbeds of Southeast Asia: Potential for the stratigraphy of the Khorat group and the palinspatic reconstruction of Southeast Asia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 189, 104153.
- Boura, A., Bamford, M., & Philippe, M. (2021). Promoting a standardized description of fossil tracheidoxyls. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 295. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2021.104525>
- Buffetaut, E., & Suteethorn, V. (2007). A sinraptorid theropod (Dinosauria: Saurischia) from the Phu Kradung Formation of northeastern Thailand Un théropode sinraptoridé (Dinosauria: Saurischia) dans la formation Phu Kradung du Nord-Est de la Thaïlande. *Bulletin de La Societe Geologique de France*, 178(6), 497–502. <https://doi.org/10.2113/gssgfbull.178.6.497>
- Buffetaut, E., Suteethorn, V., & Tong, H. (2001). The first thyreophoran dinosaur from Southeast Asia: A stegosaur vertebra from the Late Jurassic Phu Kradung Formation of Thailand. *Neues Jahrbuch Fur Geologie Und Palaontologie - Monatshefte*, 2, 95–102. <https://doi.org/10.1127/njgpm/2001/2001/95>
- Chavchavadze, E. S. (1979). *Wood of conifers (Drevesina khvoinykh)*.

- Chen, M. Y., Xie, A. W., Xu, M., Wu, H., & Tian, N. (2024). Occurrence of Early Cretaceous *Shimakuroxylon* wood in southeastern China, and its palaeobiogeographic significance. *Mesozoic*, 1(2), 186-191.
- Cleal, C. J., & Thomas, B. A. (2009). *An introduction to plant fossils*. Cambridge University. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq122>
- Cuny, G., Liard, R., Deesri, U., Liard, T., Khamha, S., & Suteethorn, V. (2014). Shark faunas from the Late Jurassic—Early Cretaceous of northeastern Thailand. *Palaontologische Zeitschrift*, 88(3), 309–328. <https://doi.org/10.1007/s12542-013-0206-0>
- Deesri, U., Suteethorn, V., Liard, R., & Cavin, L. (2013). First discovery of a juvenile Thaiichthys (Actinopterygii: Holostei) from the Late Jurassic-Early Cretaceous of Thailand. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, 33(4), 357–364.
- Eckhold, W. (1923). Die Hoftüpfel bei rezenten und fossilen Coniferen. *Jahrbuch Der Preußischen Geologischen Landesanstalt Zu Berlin*, 42, 472–505.
- Fu, L., Li, N., & Mill, R. (1999). Araucariaceae. *Flora of China*, 4, 9–10.
- GBIF Global Biodiversity Information Facility. (2023a). *Agathoxylon Hartig, 1848*. The Interim Register of Marine and Nonmarine Genera. <https://doi.org/https://doi.org/10.15468/39omei>
- GBIF Global Biodiversity Information Facility. (2023b). *Brachyoxylon Hollick & Jeffrey, 1909*. The Interim Register of Marine and Nonmarine Genera. <https://doi.org/https://doi.org/10.15468/39omei>
- GBIF Global Biodiversity Information Facility. (2023c). *Xenoxylon W.Gothan, 1905*. The Interim Register of Marine and Nonmarine Genera. <https://doi.org/https://doi.org/10.15468/39omei>
- Google Earth Pro. (2020, March 31). แหล่งซากดึกดำบรรพ์พูปอและภูน้อย, ประเทศไทย $16^{\circ}55'42.16''N$, $103^{\circ}42'03.38''W$, Eye alt 5.72 km. DigitalGlobe 2020. <https://earth.google.com/web/>
- Hollick, A., & Jeffrey, E. C. (1909). Studies of coniferous cretaceous remains from Kreischerville, New York. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 3, 1–137.

- Iamandei, S., Iamandei, E., & Grădinaru, E. (2018). Contributions to the study of the early Jurassic petrified forest of holbav and cristian areas (Braşov region, South carpathians, Romania). 1st Part. *Acta Palaeontologica Romaniaiae*, 14(2).
- IAWA Committee. (2004). IAWA list of microscopic features for softwood identification iawa Committee. *IAWA Journal*, 25(1), 1–70.
- IPNI. (2020, May 5). *International Plant Names Index*. The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Botanic Gardens.
- Jansen, S., Kitin, P., Pauw, H., Idris, M., Beeckman, H., & Smets, E. (1998). Preparation of wood specimens for transmitted light microscopy and scanning electron microscopy. *Belgian Journal of Botany*, 131(1), 41–49.
- Kershaw, P., & Wagstaff, B. (2001). The Southern Conifer Family Araucariaceae: History, Status, and Value for Paleoenvironmental Reconstruction. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 32, 397–414.
- Kloster, A. C., & Gnaedinger, S. C. (2018). Coniferous wood of *Agathoxylon* from the La Matilde Formation, (Middle Jurassic), Santa Cruz, Argentina. *Journal of Paleontology*, 92(4), 546–567.
- Knowlton, F. H. (1888). New species of fossil wood (*Araucarioxylon arizonicum*) from Arizona and New Mexico. *Proceedings of the United States National Museum*, 11(676), 1–5. <https://doi.org/10.5479/si.00963801.11-676.1>
- Kobayashi, T. (1960). Notes on the geologic history of Thailand and adjacent territories. *Japanese Journal of Geology and Geography*, 31, 129–148.
- Laveine, J. P., Ratanasthien, B., Sitirach, S., & Demarge, D. (2009). Document details - The carboniferous flora of northeastern thailand: Additional documentation from the Na duang-na klang basin. *Revue de Paléobiologie*, 28(2), 315–331.
- Liard, R., & Martin, J. E. (2011). Relative positions of the Mesozoic vertebrate localities in the Phu Kradung Formation of the Phu Phan Uplift, Northeast Thailand. *World Conference on Paleontology and Stratigraphy (WCPS2011)*, 191–192.
- Martin, J. E., Deesri, U., Liard, R., Wattanapituksakul, A., Suteethorn, S., Lauprasert, K., Tong, H., Buffetaut, E., Suteethorn, V., Suan, G., Telouk, P., & Balter, V. (2016).

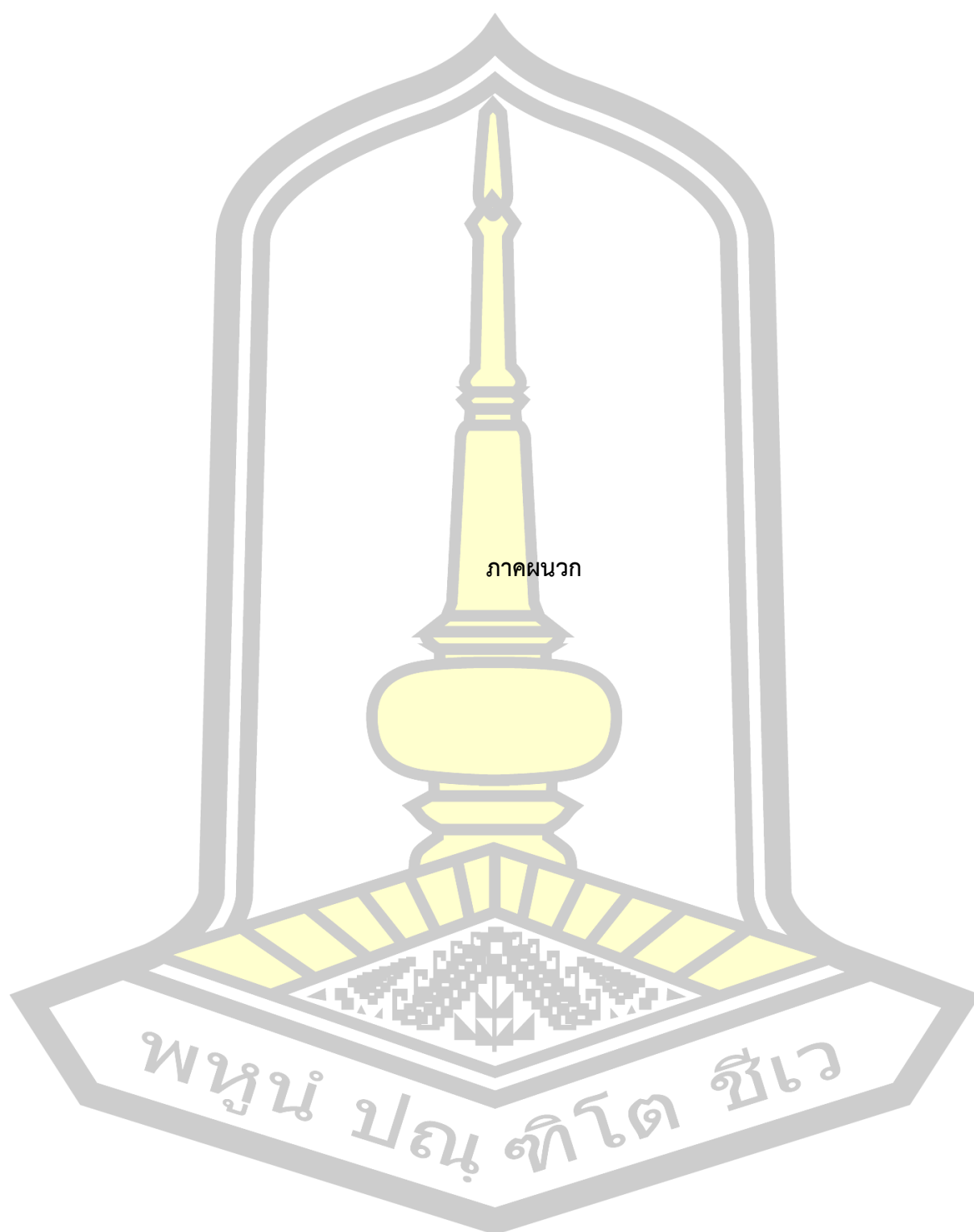
- Strontium isotopes and the long-term residency of thalattosuchians in the freshwater environment. *Paleobiology*, 42(1), 143–156.
- Martin, J. E., Suteethorn, S., Lauprasert, K., Tong, H., Buffetaut, E., Liard, R., Salaviale, C., Deesri, U., Suteethorn, V., & Claude, J. (2019). A new freshwater teleosaurid from the Jurassic of northeastern Thailand. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 38(6), e1549059.
- Mouret, C. (1994). Geological history of northeastern Thailand since the Carboniferous. Relations with Indochina and Carboniferous to Early Cenozoic evolution model. In *Proceedings of the international symposium on stratigraphic correlation of southeast Asia* (pp. 132–158). Bangkok: Department of Mineral Resources.
- Nishida, M., & Nishida, U. (1983). Petrified Plants from the Cretaceous of the Kwantō Mountains, Central Japan I*. *Bot. Mag. Tokyo.*, 96, 85–91.
- Nishida, M., & Oishi, T. (1982). The identity of *Araucarioxylon mineense* and the new species of *Protocedroxylon* from the Trias of Mine, Yamaguchi Prefecture. *Journal of Japanese Botany*, 57, 97–104.
- Oh, C., Philippe, M., & Kim, K. (2015). *Xenoxylon* synecology and palaeoclimatic implications for the mesozoic of Eurasia. *Acta Palaeontologica Polonica*, 60(1), 245–256. <https://doi.org/10.4202/app.2012.0132>
- Philippe, M. (2011). *Xenoxylon* synecology and palaeoclimatic implications for the Mesozoic of Eurasia. *Comptes Rendus Palevol*, 10, 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2010.10.010>
- Philippe, M., & Bamford, M. K. (2008). A key to morphogenera used for Mesozoic conifer-like woods. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 148, 184–207. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2007.09.004>
- Philippe, M., Boura, A., Oh, C., & Pons, D. (2014). *Shimakuroxylon* a new homoxylous Mesozoic wood genus from Asia, with palaeogeographical and palaeoecological implications. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 204, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2014.02.002>

- Philippe, M., Jintasakul, P., & Boonchai, N. (2015). New fossil woods from the Mesozoic Khorat Group of Thailand and their palaeoecological implications. *Research & Knowledge*, 1(2), 33–38. <https://doi.org/10.14456/randk.2015.13>
- Philippe, M., Suteethorn, V., Lutat, P., Buffetaut, E., Cavin, L., Cuny, G., & Barale, G. (2004). Stratigraphical and palaeobiogeographical significance of fossil wood from the Mesozoic Khorat Group of Thailand. *Geological Magazine*, 141(3), 319–328. <https://doi.org/10.1017/S0016756803008604>
- Philippe, M., Thévenard, F., Nosova, N., Kim, K., & Naugolnykh, S. (2013). Systematics of a palaeoecologically significant boreal Mesozoic fossil wood genus, *Xenoxylon* Gothan. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 193, 128–140.
- Poosongsee, P. (2014). *Anatomy of Petrified wood from the Late Jurassic-Early Cretaceous Phu Kradung Formation at Phu Po Petrified Wood locality, Kham Muang District, Kalasin Province*.
- Racey, A., Love, M. A., Canham, A. C., Goodall, J. G. S., Polachan, S., & Jones, P. D. (1996). Stratigraphy and reservoir potential of the Mesozoic Khorat Group, NE Thailand: Part 1: stratigraphy and sedimentary evolution. *Journal of Petroleum Geology*, 19(1), 5-39.
- Racey, A., & Goodall, J. (2009). Palynology and stratigraphy of the Mesozoic Khorat Group red bed sequences from Thailand. *Geological Society Special Publication*, 315, 69–83. <https://doi.org/10.1144/SP315.6>
- Rost, T. L., Barbour, M. G., Thornton, R. M., Weier, T. E., & Stocking, C. R. (1984). *Botany: A Brief Introduction to Plant Biology* (2nd ed.). John Wiley and Sons.
- Sattayarak, N. (1983). Review of the continental Mesozoic stratigraphy of Thailand. In *Workshop on Stratigraphic Correlation of Thailand and Malaysia*, Ed. Geological Society of Thailand and Geological Society of Malaysia, 127–148.
- Savidge, R. A. (2007). Wood anatomy of Late Triassic trees in Petrified Forest National Park, Arizona, USA, in relation to *Araucarioxylon arizonicum* Knowlton, 1889. *Bulletin of Geosciences*, 82(4), 301–328. <https://doi.org/10.3140/bull.geosci.2007.04.301>
- Scott, A., & Collinson, M. (1983). Geology teaching. *Journal of the Association of Teachers of Geology*, 7(4), 114–122.

- Serra, C. (1966a). Etude anatomique et paléogéographique de quelques espèces homoxylées du Sud- Viêt-Nam et du Cambodge. *Arch.Géol.Viêt-Nam*, 8, 59–131.
- Serra, C. (1966b). Nouvelle contribution à l'étude paléoxylologique du Cambodge, du Laos et du Viêt-Nam. *Arch.Géol.Viêt-Nam*, 9, 17–40.
- Serra, C. (1968). Sur quelques végétaux mésozoïques de la région de Vung-Rua (Province du Quang-Nam). *Arch.Géol.Viêt-Nam*, 11, 1–42.
- Serra, C. (1969). Sur les bois fossiles de l'archipel de Thô-Châu (Golfe de Thaïlande). *Arch.Géol.Viêt-Nam*, 12, 1–15.
- Slyper, E. J. (1933). Bestimmungstabelle für rezente und fossile Coniferenhölzer nach mikroskopischen Merkmalen. *Recueil Des Travaux Botaniques Néerlandais*, 30, 482–513.
- The Plant List. (2013). *The Gymnosperms (Conifers, cycads and allies)*. The Plant List: A Working List of All Plant Species Web Site. <http://www.theplantlist.org/>
- Thomas N. Taylor, Edith L. Taylor, & Michael Krings. (2009). *Paleobotany: The Biology and Evolution of Fossil Plants* (2nd ed.). Academic Press.
- Tian, N., Zhu, Z. P., Wang, Y. D., & Wang, S. C. (2018). Occurrence of *Brachyoxylon* Hollick et Jeffrey from the Lower Cretaceous of Zhejiang Province, southeastern China. *Journal of Palaeogeography*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s42501-018-0008-0>
- Tong, H., Chanthasit, P., Naksri, W., Ditbanjong, P., Suteethorn, S., Buffetaut, E., Suteethorn, V., Wongko, K., Deesri, U., & Claude, J. (2021). *Yakemys multiporcat* ngn sp., a large macrobaenid turtle from the basal Cretaceous of Thailand, with a review of the turtle fauna from the Phu Kradung Formation and its stratigraphical implications. *Diversity*, 13(12), 630.
- Tong, H., Claude, J., Suteethorn, V., Naksri, W., & Buffetaut, E. (2009). Turtle assemblages of the Khorat Group (Late Jurassic - Early Cretaceous) of NE Thailand and their palaeobiogeographical significance. In *Geological Society Special Publication* (Vol. 315, pp. 141–152). <https://doi.org/10.1144/SP315.11>
- Tong, H., Naksri, W., Buffetaut, E., Suteethorn, S., Suteethorn, V., Chantasit, P., & Claude, J. (2019). *Kalasinemys*, a new xinjiangchelyid turtle from the Late Jurassic of NE Thailand. *Geological Magazine*, 156(10), 1645–1656.

- Torrey, R. (1923). The comparative anatomy and phylogeny of the Coniferales, part. 3: Mesozoic and tertiary coniferous woods. *Memoirs of Boston Society of Natural History*, 6, 39–106.
- Vogellehner, D. (1967). Zur Anatomie und Phylogenie mesozoischer Gymnospermenhölzer, 5: Prodromus zu einer Monographie der Protopinaceae. I. Die protopinoiden Hölzer der Triasprotopinoiden Hölzer der Trias. *Palaeontographica Abteilung B Band 124 Lieferung*, 121, 30–51.
- Vogellehner, D. (1968). Zur Anatomie und Phylogenie mesozoischer Gymnospermenhölzer, 7: Prodromus zu einer Monographie der Protopinaceae II. Die protopinoiden Hölzer des Jura. *Palaeontographica Abteilung B Band 124 Lieferung*, 124, 125–162.
- Vozenin-Serra, C., & Privé-Gill, C. (1989). Bois pliopléistocènes du gisement de Saropée, plateau de Khorat, Est de la Thaïlande. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 60, 225–254.
- Whitmore, T., & Page, C. (1980). Evolutionary Implications of The Distribution and Ecology of The Tropical Conifer Agathis. *New Phytol*, 84, 407–416.
- World Flora Online. (2020, May 11). *An Online Flora of All Known Plants: Supporting the Global Strategy for Plant Conservation*. World Flora Online Web Site. <http://www.worldfloraonline.org>.
- Yamazaki, S., & Tsunada, K. (1981). A new species of *Brachyoxylon* Hollick et Jeffrey from the Upper Jurassic Torinosu Group, Southwest Japan. *Bulletin of Science and Engineering Research Laboratory, Waseda University*, 95, 1–14.
- Zhou, Z., & Zheng, S. (2003). The missing link in Ginkgo evolution. *Nature*, 423(6942), 821–822.

พหุบัณฑิต ชีว



ภาคผนวก 1

Table 1. Comparative anatomy of petrified woods genus *Agathoxylon*, *Araucaria*, *Araucarioxylon* and *Dadoxylon*. Note: Anatomical features of wood samples. GR, growth rings; Tg TP, tangential tracheid pitting; Rd TP, radial tracheid pitting; Ax Pa, axial parenchyma; CFP, cross-field pits; P, present; A, absent; T, traumatic; R, rare. (Modified from Zamuner & Falaschi 2005)

Species	Age	Locality	G R	Radial pitting	Tg Tp	Rays (height)	CFP (pits)	Ax Pa
<i>Agathoxylon hoodii</i> (Tidwell & David 1993) Gee <i>et al.</i> (2019)	Upper Jurassic	Utah, USA	P	2 and 1-seriate; alternate to subalternate, opposite to subopposite	A	1-seriate 1 – 18 cells	up to 24 araucarioid	A
<i>Agathoxylon agathioides</i> (Kräusel & Jain 1964) Kloster & Gnaedinger (2018)	Middle Jurassic	Argentina	A	1 – 3 seriate flattened, hexagonal, alternate, opposite; araucarian	A	1-seriate; 1–22, 37 cells 2-seriate; 1 – 3 cells	2 – 6 araucarioid	A
<i>Agathoxylon santacruzense</i> Kloster & Gnaedinger (2018)	Middle Jurassic	Argentina	P	1 – 3 seriate flattened, hexagonal, alternate, opposite; araucarian	A	1-seriate 1–8, 12 cells	2 – 6 araucarioid	A
<i>Agathoxylon santalense</i> (Sah & Jain 1964) Kloster & Gnaedinger (2018)	Jurassic - Early Cretaceous	India	A	(1)2-seriate	A	1-seriate (1 - 10 (4 - 5) cells)	2 - 6(4)	A
<i>Agathoxylon antarcticus</i> (Poole & Cantrill 2001) Pujana <i>et</i>	Early Eocene	Western Antarctica	P	1 – 2 seriate ; araucarian opposite	A	1-seriate 2 – 10 cells, Rarely up	1 – 8 (2 – 5) araucarioid	A

Species	Age	Locality	G R	Radial pitting	Tg Tp	Rays (height)	CFP (pits)	Ax Pa
<i>al.</i> (2014)				alternate hexagonal		to 19 cells		
<i>Agathoxylon matildense</i> Zamuner & Falaschi (2005)	Middle Jurassic	Argentina	P	1-seriate, rare 2-seriate	A	1-seriate (1 - 4(2 - 3) cells)	4 - 5	A
<i>Agathoxylon liguensis</i> Torres & Philippe (2002)	Early Jurassic	Chile	P	1 - 2 seriate; 65% 1- seriate, 35% 2-seriate	P	1-seriate (1 - 56 (<30) cells)	1 - 3	A
<i>Agathoxylon</i> sp. Philippe <i>et al.</i> (2000)	Cretaceous	Chile, Argentina	P	1(2)-seriate	P	1-seriate (1 - 15 cells)	2-9, cupressoid	A
<i>Araucarioxylon</i> sp. Falcon-Lang & Cantrill (2000)	Cretaceous	Antarctica	P	2-seriate; alternate, hexagonal, 23% 1-seriate	A	1-seriate (1 - 11(4 - 63) cells)	1 - 4	A
<i>Agathoxylon</i> sp. A Ottone & Medina (1998)	Cretaceous	Antarctica	P	1 or 2- seriate; alternate, araucarioid	A	1-seriate, 2- seriate (1 - 15 (9) cells)	1 - 4, araucarioid	A
<i>Araucarioxylon ohzuanum</i> Nishida <i>et al.</i> (1992)	Late Cretaceous	Chile	A	1 - 2 seriate	P	1-seriate (1 - 11(1 - 7) cells)	1 - 4, ovoid or elliptical	P
<i>Araucarioxylon floresii</i> Torres & Lemoigne (1989)	Cretaceous	Antarctica	P	1 - 2 seriate	P	1-seriate (2 - 15(4 - 7) cells)	1 - 4, cupressoid	P
<i>Agathoxylon parachoshiense</i> Nishida & Nishida (1987)	Late Cretaceous	Chile	P	1 - 2 seriate; araucarioid	A	1-seriate (1 - 4 cells)	2 - 4	A
<i>Agathoxylon lemonii</i>	Lower Upper	Utah	P	1 - 2 seriate alternate	A	1-seriate 10 cells,	1 - 4	P

Species	Age	Locality	G R	Radial pitting	Tg Tp	Rays (height)	CFP (pits)	Ax Pa
Tidwell & Thayne (1986)	Cretaceous			hexagonal; araucarian		commonly 5 or 6 cells		
<i>Araucarioxylon quiriquinaense</i> Nishida (1981) ex Nishida (1984)	Early Tertiary	Chile	P	2-seriate	P	1-seriate (1 - 5 to 10 cells)	2 – 5	A
<i>Agathoxylon arayaï</i> Torres <i>et al.</i> (1982) (described by Torres <i>et al.</i> (2000))	Jurassic, Cretaceous	Antarctica	P	1 - 2 seriate; alternate	P	1-seriate, 2- seriate (10%)	2 – 6	N/A
<i>Araucarioxylon pichasquense</i> Torres & González (1979) ex Torres & Rallo (1981) (described by Nishida <i>et al.</i> (1992))	Late Cretaceous	Chile	A	1 - 2 seriate	P	1-seriate (1 - 11 (1 - 7) cells)	5 – 10, cupressoid	A
<i>Araucarioxylon chilense</i> Nishida (1970)	Tertiary	Chile	A	(1)2-seriate	R	1-seriate (2 - 15 (4 - 8) cells)	1 - 5 (2 - 4)	A
<i>Dadoxylon</i> (A.) <i>jurassicum</i> Bhardwaj (1953)	Jurassic - Early Cretaceous	India	P	1 or 2- seriate; araucarioid	P	1-seriate (1 - 11(4) cells)	2 - 4, 2 or 4 rows	A
<i>Dadoxylon</i> (<i>Araucarioxylon</i>) <i>kerguelense</i> Seward (1919) (described by Nishida <i>et al.</i> (1992))	Late Cretaceous , Tertiary?	Chile, Antarctica	P	1 - 2 seriate	?	1-seriate (1 - 11 cells)	5 - 8, cupressoid?	P

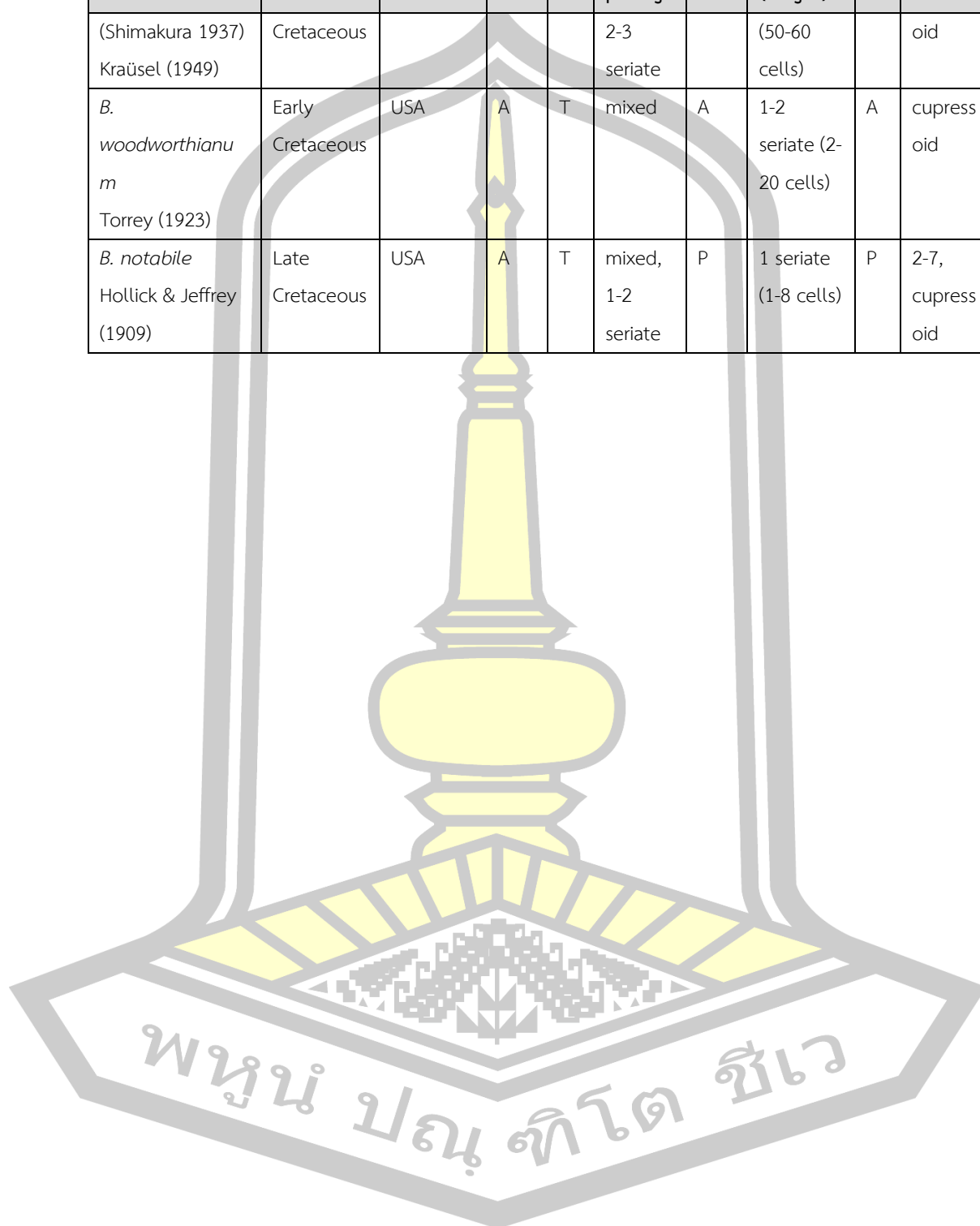
Species	Age	Locality	G R	Radial pitting	Tg Tp	Rays (height)	CFP (pits)	Ax Pa
<i>Araucarioxylon novaezelandii</i> Stopes (1914) (described by Torres <i>et al.</i> (1994))	Cretaceous , Tertiary	New Zealand, Antarctica	P	2-seriate; alternate, hexagonal	A	1-seriate (1 - (3 - 4)7 cells)	1 - 10, cupressoid , 2 or 3 rows	R
<i>Agathoxylon pseudoparenchymatosum</i> Gothan (1908)	Tertiary	Antarctica , Chile, Argentina	P	(1)2 seriate; araucarioid	A	1-seriate 1 - 14 cells	2 - 8	A
<i>Dadoxylon (A) pseudoparenchymatosum</i> Gothan (1908) (also in Kräusel (1925); Nishida (1981); Torres <i>et al.</i> (1994))	Tertiary	Antarctica , Chile, Argentina	P	(1)2-seriate; araucarioid	A	1-seriate (1 - 14 cells)	1 - 18	A
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol) Kuntze (1893)	Current	Argentina, Brazil	P	2-seriate; alternate, rarely 3- seriate	A	1-seriate (1 - 19 to 40 cells)	1 - 12 (2 - 5), cupressoid	R
<i>Araucaria araucana</i> (Mol) Koch (1873)	Current	Argentina	P	1-seriate rarely 2- seriate, subopposite, alternate	A	1-seriate (5 - 10) to 23	2 - 4	A
<i>Agathoxylon cordaianum</i> Hartig (1848)	Middle Jurassic	Argentina	P	1-seriate; araucarian	A	1-seriate 1 - 4 cells (Very low)	4 - 5 cupressoid	A

Table 2. Comparative table of species of the genus *Shimakuroxylon* and *Brachyoxylon*. Note: Anatomical features of wood samples. GR, growth rings; Tg TP, tangential tracheid pitting; Rd TP, radial tracheid pitting; Ax Pa, axial parenchyma; CFP, cross-field pits; P, present; A, absent; T, traumatic; R, rare. (Modified from Bodnar et al. 2013; lamandei et al. 2018; Tian et al. 2018)

Species	Age	Locality	GR	R	Radial pitting	Tg TP	Rays (height)	Cr	CFP	Ax pa
<i>Brachyoxylon holbavicum</i> lamandei et al. (2018)	Lower Jurassic	Romania	A	T, R	mixed, 1-2 seriate	A or R	1-2 seriate (1-25 cells)	A	1-9, cupressoid to podocarpoid	A
<i>B. cristianicum</i> lamandei et al. (2018)	Lower Jurassic	Romania	A	A	mixed, 1-2 seriate	A	1-2 seriate (1-20 cells)	A	1-6, cupressoid to podocarpoid	P+ C
<i>B. zhejiangense</i> Tian et al. (2018)	Early Cretaceous	China	A	A	mixed, 1-2 seriate	A	mostly 1 seriate (1-15 cells)	A	2-7, cupressoid	A
<i>B. baqueroensis</i> Vera & Césari (2015)	Late Cretaceous	Argentina	A	A	mixed, 1-3 seriate	A	1 seriate (1-9 cells)	A	8-26 cupressoid	A
<i>B. currumilii</i> Bodnar et al. (2013)	Early-Middle Jurassic	Argentina	A	A	mixed, 1-2 seriate	R	1 seriate (1-10 cells)	A	4-11 cupressoid	R
<i>B. serrae</i> Phillipe et al. (2011)	Early Cretaceous	Thailand	A	T	mixed, 1-2 seriate	P	1 seriate (1-15 cells)	A	5-16, cupressoid	A
<i>B. semibiseriatum</i> (Pant & Singh 1987) Kurzawe & Merlotti (2010)	Permian	Brazil	A	P	mixed, 1-5 seriate	P	1 seriate (1-38 cells)	A	4-16 cupressoid	A
<i>B. dobrogiacum</i> lamandei &	Early Cretaceous	Romania	A	A	mixed, 1-3	P	1 seriate (1-10)	P	1-6 cupress	P

Species	Age	Locality	GR	R	Radial pitting	Tg TP	Rays (height)	Cr	CFP	Ax pa
lamandei (2005)					seriate		cells)		oid	
<i>B. avramii</i> lamandei & lamandei (2005)	Early Cretaceous	Romania	A	T	mixed, 1-2 seriate	R	1 seriate (1-21 cells)	A	1-8 cupress oid	A
<i>Brachyoxylon</i> sp. Philippe <i>et al.</i> (2004)	Late Jurassic	Thailand	P	A	mixed, 1-2 seriate	P	1 seriate (low)	A	up to 12, cupress oid	A
<i>B. nonakai</i> Yamazaki & Tsunada (1981)	Upper Jurassic	Japan	A	A	92pposi te, 2-4 seriate	A	1 seriate (unknown)	A	cupress oid	A
<i>B. bourequi</i> Serra (1966)	Jurassic (?)	Cambodi a	A	A	mixed, 1-2 seriate	A	1 seriate (low)	A	4-37, cupress oid	A
<i>B. eboracense</i> (Holden 1913) Philippe (2002)	Jurassic	England	A	A	mixed, 1-2 seriate	A	1 seriate (low)	A	numero us cupress oid	A
<i>B. liebermanii</i> Philippe (1995)	Jurassic	France	P	A	mixed, 1 seriate	P	1 seriate (low)	A	5-12, cupress oid to podoca rpoid	A
<i>B. trautii</i> (Barale 1981) Philippe (1995)	Middle Jurassic	France	P	A	mixed, 1-2 seriate	P	1 seriate (low)	A	4-9, cupress oid	A
<i>B. lagonense</i> (Laudouéneix 1973) Dupéron- Laudouéneix (1991)	Cretaceous	Chad	A	T	mixed, 2-3 seriate	A	1 seriate (low)	A	cupress oid	A
<i>B. saurinii</i> Boureau & Serra (1961)	Jurassic (?)	Cambodi a	A	T	mixed, 1-2 seriate	A	1 seriate (1-31 cells)	A	2-12, cupress oid	A
<i>B. japonicum</i>	Lower	Japan	A	A	mixed,	P	1 seriate	A	cupress	A

Species	Age	Locality	GR	R	Radial pitting	Tg TP	Rays (height)	Cr	CFP	Ax pa
(Shimakura 1937) Krausel (1949)	Cretaceous				2-3 seriate		(50-60 cells)		oid	
<i>B. woodworthianum</i> Torrey (1923)	Early Cretaceous	USA	A	T	mixed	A	1-2 seriate (2- 20 cells)	A	cupress oid	A
<i>B. notabile</i> Hollick & Jeffrey (1909)	Late Cretaceous	USA	A	T	mixed, 1-2 seriate	P	1 seriate (1-8 cells)	P	2-7, cupress oid	A



ภาคผนวก 2

การเปรียบเทียบตัวอย่างกับพืชปัจจุบัน

ในการศึกษาและเปรียบเทียบไม้กลายเป็นหินครั้งนี้ ไม่สามารถเข้าถึงตัวอย่างพืชปัจจุบันได้ทั้งหมด จึงทำการเปรียบเทียบตัวอย่างโดยใช้ IAWA Feature codes จากเว็บไซต์ inside wood (<https://insidewood.lib.ncsu.edu>) -โดยผู้วิจัยทำการตรวจสอบลักษณะทางกายวิภาคของพืชปัจจุบันที่จำแนกอยู่ในวงศ์เดียวกับไม้กลายเป็นหินที่พบ คือ ตรวจสอบจากพืชในวงศ์ Araucariaceae จำนวน 8 ชนิดที่มีข้อมูลอยู่ในเว็บไซต์ ดังนี้ *Agathis australis* (D.Don) Lindl., *Agathis macrophylla* (Lindl.) Mast., *Agathis robusta* (C.Moore ex F.Muell.) F.M.Bailey, *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Araucaria araucana* (Molina) K.Koch, *Araucaria bidwillii* Hook., *Araucaria cunninghamii* Mudie และ *Wollemia nobilis* W.G.Jones, K.D.Hill & J.M.Allen รวมถึงตรวจสอบพืชกลุ่มสนที่มีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติในประเทศไทยวงศ์ Pinaceae จำนวน 1 ชนิด คือ *Pinus kesiya* Royle ex Gordon

ARAUCARIACEAE

1. *Agathis australis* (D.Don) Lindl.

Description in IAWA Feature codes: 41 43 45 47 48 50? 51? 52? 54? 55? 80 85 87 95 99 100 103 107 12 14 26 37 38 (Greguss, 1955)

2. *Agathis macrophylla* (Lindl.) Mast.

Description in IAWA Feature codes: 40 41 43 44 47 48 50? 51? 52? 54? 55? 80 85 86 87 88 93 95 98 99 103 107 8 11 28 29 32 33 37 38 (Greguss, 1955)

3. *Agathis robusta* (C.Moore ex F.Muell.) F.M.Bailey

Description in IAWA Feature codes: 41 43 45 47 48? 50? 51? 52? 54 80 85 87 95 99v 100 103 107 8 10 11 12 28 29 32 33v 37 (Greguss, 1955)

4. *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze

Synonym: ARAUCARIACEAE *Araucaria brasiliana*

Description in IAWA Feature codes: 41 43 44 47 48? 52 54? 55? 80 85 87 93 95 98v 99 100 103 104 107 20 24 25 26 28 33 34 37 38 (Kribs, 1968)

5. *Araucaria araucana* (Molina) K.Koch

Description in IAWA Feature codes: 40 43 44v 45v 47 48v 51 52 54 80 85 87 95 99
100v 103 107 20 24 25 26v 28 29 32 37v 38 (Brandes et al., 2020; Gasson et al., 2011)

6. *Araucaria bidwillii* Hook.

Description in IAWA Feature codes: 40v 41v 43 44 45v 47 51 52 54 56 80 85 87 93 95
98 99 100v 103 107 12 13 26 28 32? 33 34? 37 (Illic, 1995; Xiaomei, 2010)

7. *Araucaria cunninghamii* Mudie

Description in IAWA Feature codes: 41 43 45 47 51 52 54 80 85 87 93 95 98v 99 100v
103 104 107 12 13 26 28 29 32 38 (Illic, 1995)

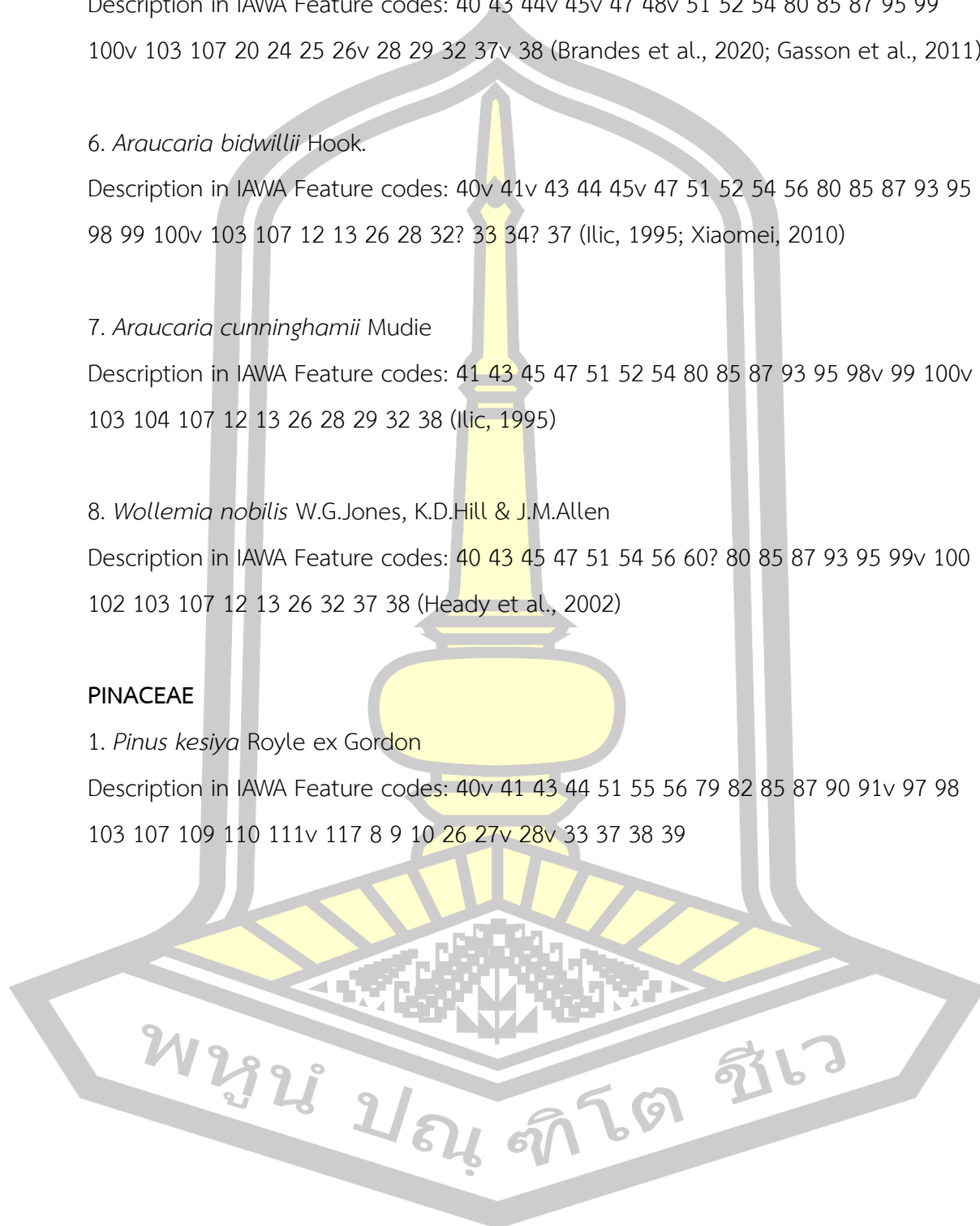
8. *Wollemia nobilis* W.G.Jones, K.D.Hill & J.M.Allen

Description in IAWA Feature codes: 40 43 45 47 51 54 56 60? 80 85 87 93 95 99v 100
102 103 107 12 13 26 32 37 38 (Heady et al., 2002)

PINACEAE

1. *Pinus kesiya* Royle ex Gordon

Description in IAWA Feature codes: 40v 41 43 44 51 55 56 79 82 85 87 90 91v 97 98
103 107 109 110 111v 117 8 9 10 26 27v 28v 33 37 38 39



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	ภณิตดา ศรีคำภา
วันเกิด	16 พฤศจิกายน 2536
สถานที่เกิด	ร้อยเอ็ด ประเทศไทย
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	173 หมู่ที่ 1 ตำบลพนมไพร อำเภอพนมไพร จังหวัดร้อยเอ็ด 45140
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	นิสิตปริญญาโท
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2548 จบการศึกษาระดับประถมศึกษา โรงเรียนบ้านพนมไพร จังหวัดร้อยเอ็ด พ.ศ. 2551 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กาฬสินธุ์ พ.ศ. 2554 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กาฬสินธุ์ พ.ศ. 2559 จบการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2568 จบการศึกษาระดับปริญญาโท วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2568 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พณฺณ ปณฺ ทิโต ชีเว