



ความหลากหลายทางชีวภาพของไม้กลายเป็นหินในแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูโปและภูน้อย อำเภอคำ
ม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์

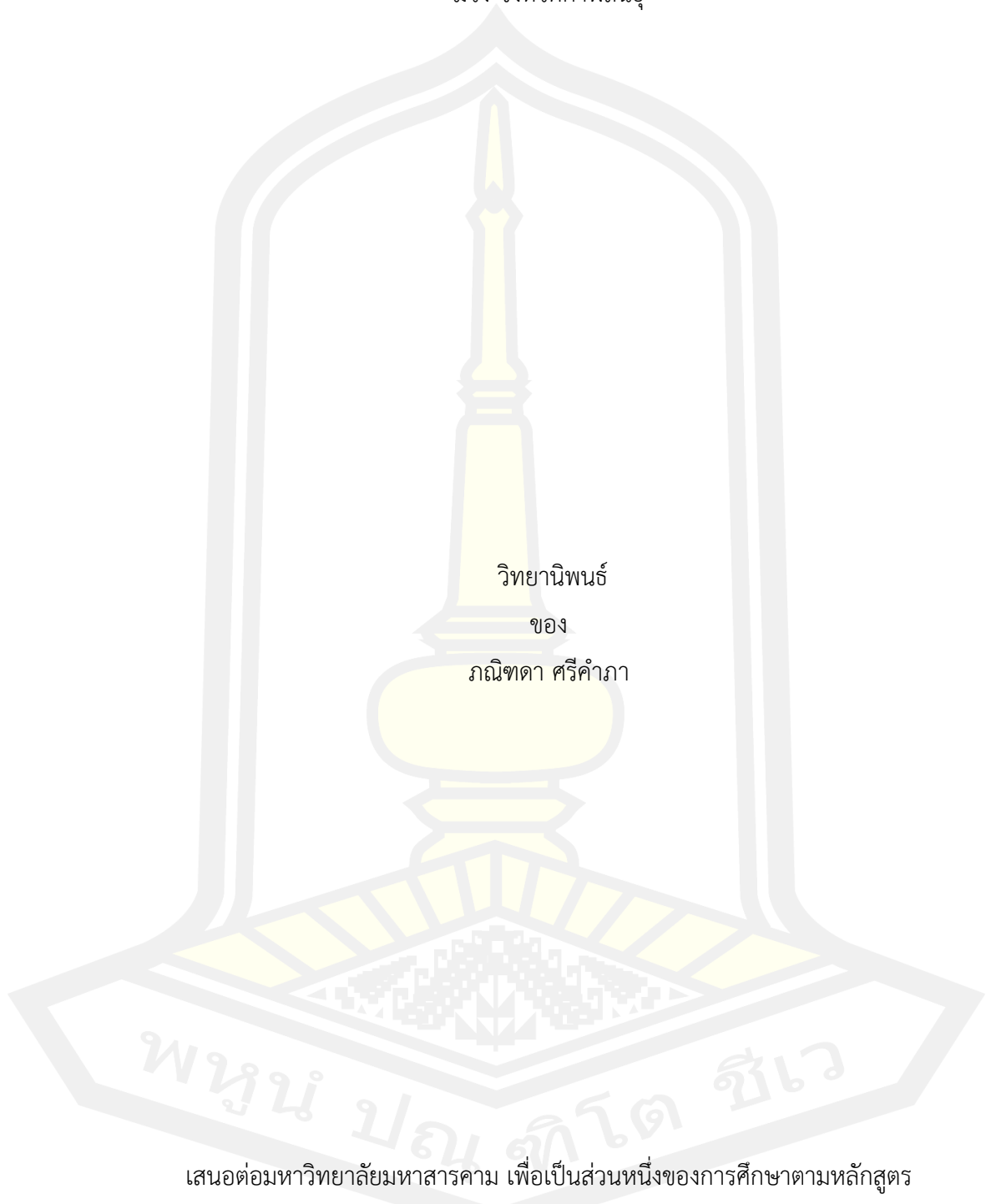
วิทยานิพนธ์
ของ
ภณิซดา ศรีคำภา

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

ธันวาคม 2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ความหลากหลายทางชีวภาพของไม้กลายเป็นหินในแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูโปและภูน้อย อำเภอคำ
ม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์



เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

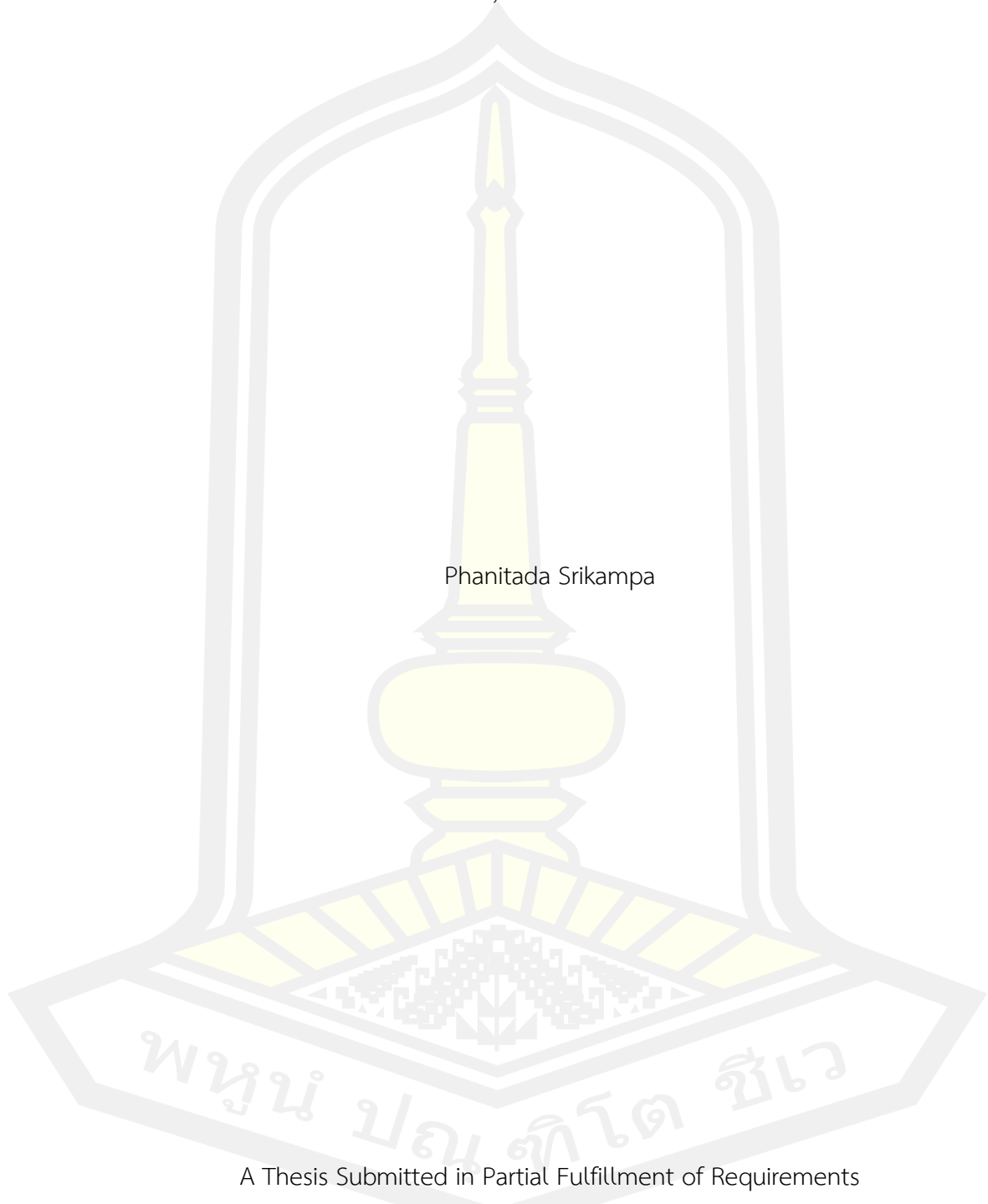
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

ธันวาคม 2564

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)

December 2021

Copyright of Maharakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวภณิตดา ศรีคำภา
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รศ. ดร. เบ็ญจวรรณ รัตนเสถียร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อ. ดร. สุรเวช สุธีธร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ดร. นารีรัตน์ บุญไชย)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. กมลหทัย แวงวาสิต)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. ศักดิ์บวร ตุ่มปี่สุวรรณ)

มหาวิทยาลัยขอนแก่นให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(ศ. ดร. ไพโรจน์ ประมวล)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	ความหลากหลายทางชีวภาพของไม้กลายเป็นหินในแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูโป และภูน้อย อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์		
ผู้วิจัย	ภนิชดา ศรีคำภา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. สุรเวช สุธีธร ดร. นารีรัตน์ บุญไชย		
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิชา	ชีววิทยา
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2564

บทคัดย่อ

จากการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางกายวิภาคของไม้กลายเป็นหินมหายุคมีโซโซอิก
แหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูโปและแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อย อำเภอคำม่วง จังหวัด
กาฬสินธุ์ พบไม้กลายเป็นหิน 2 สกุล คือ *Agathoxylon* และ *Shimakuroxylon* ไม้กลายเป็นหิน
แหล่งท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ป่าชุมชนภูโป จำนวน 8 ต้น ยาว 2 – 6 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง
ประมาณ 0.3 – 0.9 เมตร ล้วนแต่เป็น *Agathoxylon* sp. มีวงปีชัดเจน ผนังเทรคิตบาง หลุมผนัง
เซลล์ 1 – 2-seriate เซลล์เรย์ 1 – 2-seriate และมี cross-field pits แบบ araucarioid 4 – 12
รอยเว้า ไม้กลายเป็นหินอีกหนึ่งท่อนจากภูน้อยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.50 เมตร จัดเป็น
Shimakuroxylon sp. มีวงปีชัดเจน ผนังเทรคิตบาง หลุมผนังเซลล์ 1 – 2-seriate แบบ
Japonicum เซลล์เรย์ 1 – 2-seriate และมี cross-field pits แบบ cupressoid 4 – 8 รอยเว้า
งานวิจัยนี้ช่วยสนับสนุนข้อมูลอายุของชั้นหินจากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อยที่มีการศึกษาก่อนหน้านี้
ว่า อยู่ในช่วงยุคจูแรสสิกตอนปลาย ดังนั้น *Shimakuroxylon* sp. จึงเป็นไม้กลายเป็นหินที่มีอายุ
เก่าแก่ที่สุดของกลุ่มหินโคราชตั้งแต่มีการศึกษาในประเทศไทยจนถึงปัจจุบัน นอกจากนี้ ลักษณะวงปี
ของไม้กลายเป็นหินเหล่านี้ แสดงให้เห็นถึงสภาพภูมิอากาศที่ค่อนข้างเปียกชื้นสลับกับมีฤดูแล้งเป็น
เวลาสั้น ๆ

คำสำคัญ : *Agathoxylon*, *Shimakuroxylon*, ซากดึกดำบรรพ์ไม้, จูแรสสิกตอนปลาย, กลุ่มหิน
โคราช

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. Nareerat Boonchai , Ph.D.		
DEGREE	Master of Science	MAJOR	Biology
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2021

ABSTRACT

Base on the comparative wood anatomical study of Mesozoic petrified trunks from Phu Por and Phu Noi fossil sites, Kham Muang District, Kalasin Province, two petrified wood genera, *Agathoxylon* and *Shimakuroxylon* were found. Eight petrified tree trunks (range from 2 – 6 meters) from Phu Por, which is part of the community forest ecotourism sites are *Agathoxylon* sp. The fossil is characterized by present growth rings, thin-walled tracheids, 1 – 2-seriate alternate or opposite intertracheary pits in radial walls, 1 – 2-seriate rays, cross-field with 4 – 12 araucarioid cross-field pits. The other specimen from Phu Noi (estimated diameter 0.50 meters) is *Shimakuroxylon* sp., which is characterized by present growth rings, thin-walled tracheids, 1 – 2-seriate alternate or opposite intertracheary pits *Japonicum* type in radial walls, 1 – 2-seriate rays, cross-field with 4 – 8 cupressoid cross-field pits. This research supports the previous study age of the Phu Noi fossil site dating to the Late Jurassic. Thus far, *Shimakuroxylon* sp. is considered the oldest petrified wood in the Khorat Plateau. Additionally, growth rings of these fossils indicate a climate was wet with annual short dry season.

Keyword : *Agathoxylon* *Shimakuroxylon* fossil wood Late Jurassic Khorat Plateau.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือและคำปรึกษาจาก อาจารย์ ดร. สุรเวช สุธีธร และ ดร. นารีรัตน์ บุญไชย อาจารย์ที่ปรึกษา ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.เบญจวรรณ รัตนเสถียร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กมลหทัย แวงวาสิต และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศักดิ์บวร ตุ่มปีสุวรรณ สำหรับคำแนะนำและร่วมเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ให้สำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณ ดร. Marc Philippe ผู้เชี่ยวชาญด้านไม้กลายเป็นหินสำหรับคำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ขอขอบคุณ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ศูนย์วิจัยและการศึกษาบรรพชีวินวิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนิสิต ที่ให้ความช่วยเหลือและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ศึกษาวิจัยในอนาคต

ภณิตตา ศรีคำภา



สารบัญ

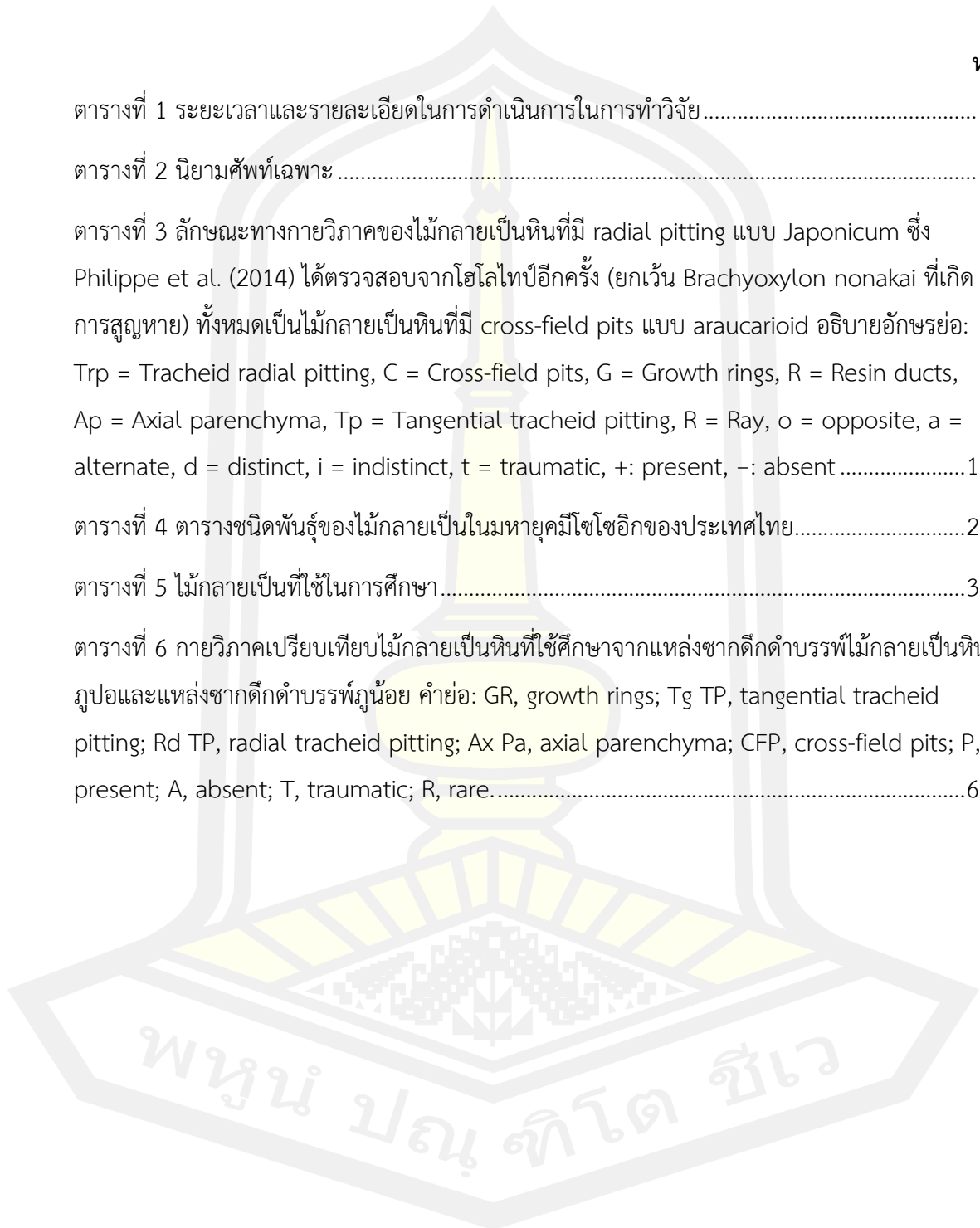
	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1.....	1
ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.1 หลักการและเหตุผล.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.4 สถานที่ในการทำวิจัย.....	2
1.5 ระยะเวลาในการทำวิจัย.....	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
1.7 คำอธิบายอักษรย่อ.....	5
บทที่ 2.....	6
ปริทัศน์เอกสารข้อมูล.....	6
2.1 กระบวนการเกิดไม้กลายเป็นหิน.....	6
2.2 พีชเมล็ดเปลือกและกายวิภาคเนื้อไม้ของพีชเมล็ดเปลือก.....	7
2.2.1 พีชเมล็ดเปลือก.....	7
2.2.2 กายวิภาคเนื้อไม้ของพีชเมล็ดเปลือก.....	11

2.2.3 การตรวจสอบเอกลักษณ์ไม้กลายเป็นหินตามเกณฑ์ IAWA.....	12
2.3.1 การจำแนกไม้กลายเป็นหิน	14
2.3.2 การตั้งชื่อไม้กลายเป็นหิน.....	15
2.3.3 รูปวิธานการจำแนกไม้กลายเป็นหินมหายุคมีโซโซอิก.....	16
2.3.4 ไม้กลายเป็นหินสกุลที่โดดเด่นในมหายุคมีโซโซอิก.....	16
2.4 ธรณีวิทยาในพื้นที่วิจัย	20
2.5 พื้นที่วิจัย.....	23
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
2.6.1 การศึกษาไม้กลายเป็นหินในประเทศไทย	25
2.6.2 การศึกษาไม้กลายเป็นหินในต่างประเทศ.....	28
2.6.3 ไม้กลายเป็นหินมหายุคมีโซโซอิกในประเทศไทยและทวีปเอเชีย.....	30
บทที่ 3.....	32
วิธีการดำเนินงานวิจัย	32
3.1 ภาคสนาม.....	32
3.2 ห้องปฏิบัติการ.....	36
3.2.1 การเตรียมสไลด์ไม้กลายเป็นหิน.....	36
3.2.2 การเตรียมสไลด์ไม้ปัจจุบัน.....	38
3.2.3 การจำแนกไม้กลายเป็นหิน	40
บทที่ 4.....	41
ผลการวิจัย.....	41
4.1 คำบรรยายลักษณะไม้กลายเป็นหิน.....	41
4.1.1 PP-17-1.....	41
4.1.2 PP-17-2.....	42
4.1.3 PP-17-3.....	43

4.1.4 PP-19-1.....	45
4.1.5 PP-19-2.....	47
4.1.6 PP-19-3.....	49
4.1.7 PP-19-4.....	51
4.1.8 PP-19-5.....	53
4.1.9 PP-19-6.....	55
4.1.10 PP-19-9.....	57
4.1.11 KS34-924.....	59
4.1.12 PN-1.....	61
4.1.13 PN-2.....	63
บทที่ 5.....	65
สรุปและอภิปรายผลการวิจัย.....	65
5.1 ลำดับทางอนุกรมวิธาน.....	66
5.1.1 ไม้กลายเป็นหินจากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูโป.....	66
5.1.2 ไม้กลายเป็นหินจากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อย.....	66
5.2 อายุของแหล่งซากดึกดำบรรพ์และการลำดับชั้นหิน.....	66
5.3 วงปีและสภาพภูมิอากาศ.....	67
5.4 ข้อเสนอแนะ.....	68
บรรณานุกรม.....	69
ภาคผนวก.....	77
ประวัติผู้เขียน.....	87

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ระยะเวลาและรายละเอียดในการดำเนินการในการทำวิจัย.....	3
ตารางที่ 2 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายวิภาคของไม้กลายเป็นหินที่มี radial pitting แบบ Japonicum ซึ่ง Philippe et al. (2014) ได้ตรวจสอบจากไฮโลโทบ์อีกครั้ง (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	19
ตารางที่ 4 ตารางชนิดพันธุ์ของไม้กลายเป็นหินในมหาสมุทรแปซิฟิกของประเทศไทย.....	26
ตารางที่ 5 ไม้กลายเป็นหินที่ใช้ในการศึกษา.....	32
ตารางที่ 6 กายวิภาคเปรียบเทียบไม้กลายเป็นหินที่ใช้ศึกษาจากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหิน ภูโปและแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อย คำย่อ: 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.....	65



สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 การค้นพบผลอ่อนของแปะก๊วยชนิดใหม่ จากหมวดหิน Yixian สาธารณรัฐประชาชนจีน (Zhou & Zheng, 2003).....	10
ภาพที่ 2 กายวิภาคของเนื้อไม้พืชเมล็ดเปลือย ด้านซ้ายแสดงแต่ละด้านของเนื้อไม้ที่ใช้ศึกษา (Hans' Paleobotany Pages, 2020), ด้านขวาแสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์ของไม้กลายเป็นหินจากเทคนิคการทำแผ่นหินบาง อักษรย่อ: X = cross section, T = tangential section, R = radial section	12
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 Backbone Taxonomy (GBIF the Global Biodiversity Information Facility, 2020).....	17
ภาพที่ 5 แสดงการกระจายทางภูมิศาสตร์ของไม้กลายเป็นหินสกุล Brachyoxylon Hollick & Jeffrey, 1909 ใน GBIF Backbone Taxonomy (GBIF the Global Biodiversity Information Facility, 2020).....	18
ภาพที่ 6 แสดง radial pitting แบบ japonicum ซึ่งมีลักษณะเป็น biseriate opposite (Philippe et al., 2014).....	19
ภาพที่ 7 แสดงการกระจายทางภูมิศาสตร์ของไม้กลายเป็นหินสกุล Xenoxylon Gothan, 1905 ใน GBIF Backbone Taxonomy (GBIF the Global Biodiversity Information Facility, 2020) ...	20
ภาพที่ 8 ลำดับชั้นหินและการสะสมของตะกอนนมหายุคมีโซโซอิก ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย (Racey & Goodall, 2009).....	21
ภาพที่ 9 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดกาฬสินธุ์; SM = พิพิธภันท์สิรินธร (ดัดแปลงจาก: กรมทรัพยากรธรณี (2550))	22

ภาพที่ 10 แผนที่ภูมิประเทศแสดงแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินรูปอและแหล่งขุดค้นถุน้อย
อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ (ดัดแปลงจาก: กรมแผนที่ทหาร 2551) (กรมแผนที่ทหาร, 2551)...23

ภาพที่ 11 แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศแสดงแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินรูปอและแหล่งขุดค้น
ถุน้อย อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ พิกัด 16°55'41.23"N, 103°42'15.44"W ความสูงระดับ
สายตา 5.72 กม. (Google Earth Pro, 2020).....24

ภาพที่ 12 ทางเข้าแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินรูปอ พ.ศ. 2561 (ภาพโดยศุภณัฐ บุตราช) 24

ภาพที่ 13 ภาพถ่ายทางอากาศแหล่งซากดึกดำบรรพ์ถุน้อยด้วยอากาศยานไร้คนขับ.....25

ภาพที่ 14 จำนวนชนิดที่พบเมื่อเทียบกับเวลาของไม้กลายเป็นหินสกุล Araucarioxylon (สี่เหลี่ยม
ข้าวหลามตัด), Dadoxylon (สี่เหลี่ยมจัตุรัส) และ Agathoxylon (สามเหลี่ยม) (Philippe, 2011).29

ภาพที่ 15 ความหลากหลายทางพันธุกรรมของสกุล Xenoxylon ในช่วงมหายุคมีโซโซอิก ตัวอย่าง: LT,
Late Triassic; EMJ, Early ถึง Middle Jurassic; LJEK, Late Jurassic ถึง Early Cretaceous; LK,
Late Cretaceous (Oh et al., 2015).....30

ภาพที่ 16 แหล่งซากดึกดำบรรพ์รูปอและถุน้อย, ประเทศไทย.16°55'42.16"N, 103°42'03.38"W,
ความสูงระดับสายตา 5.36 กม. (ดัดแปลงจาก: Google Earth Pro (2020).....33

ภาพที่ 17 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-1.....34

ภาพที่ 18 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-2.....34

ภาพที่ 19 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-3.....34

ภาพที่ 20 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-4.....35

ภาพที่ 21 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-5.....35

ภาพที่ 22 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-6.....35

ภาพที่ 23 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-9.....36

ภาพที่ 24 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในปฏิบัติการไม้กลายเป็นหิน A. เครื่องตัดหินใหญ่, B. เครื่องตัด
หินเล็ก, C. (ซ้าย) เครื่องขัดหิน และ (ขวา) เครื่องแฉลบ, D. พงชิลิกอนคาร์ไบด์ แคนาดาบัลซัม และ
เทอร์โมพลาสติก, E. ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินที่กำหนดแนวตัดไว้แล้ว และที่ตัดให้มีขนาดเท่ากับแผ่น
สไลด์, E. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง.....37

ภาพที่ 25 แผนภาพแสดงตัวอย่างจำนวนชั้นของสไลด์ไม้กลายเป็นหิน37

ภาพที่ 26 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมสไลด์ไม้กลายเป็นหิน38

ภาพที่ 27 ขั้นตอน อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในปฏิบัติการไม้ปัจจุบัน A. ตัวอย่างไม้, B. ตัวอย่างไม้
 ต้มในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิร้อนจัด, C. ตัดตัวอย่างไม้ด้วยเครื่องมือโครโมรุ่น MICROM HM 430, D.
 ขึ้นตัวอย่างไม้ที่ตัดแล้วแช่ด้วยสีซาฟรานิน, E. เลือกชิ้นตัวอย่างที่สมบูรณ์ และตัดให้ได้ขนาดประมาณ
 0.5x0.5 ซม. F. สไลด์ไม้ที่ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์แล้ว39

ภาพที่ 28 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมสไลด์ไม้ปัจจุบัน40

ภาพที่ 29 กายวิภาคของ Gymnosperm (PP-17-1, PP-17-2, PP-17-3) A. ภาคการตัดตามขวาง
 PP-17-1 แสดงวงปีชัดเจน B. ภาคการตัดตามขวาง PP-17-2 แสดงวงปีไม่ชัดเจน C. ภาคการตัด
 ขนานเส้นสัมผัส PP-17-1 แสดงเซลล์เรย์แบบ 1-seriate D. ภาคการตัดตามแนวรัศมี PP-17-3 แสดง
 หลุมผนังเซลล์ E. ภาคการตัดตามแนวรัศมี PP-17-3 แสดงหลุมผนังเซลล์ 1-2-seriate และ 1-
 seriate F. ภาคการตัดตามแนวรัศมี PP-17-3 แสดงหลุมผนังเซลล์ 2-seriate รูปร่างหลายเหลี่ยม
 เรียงสลับ G. ภาคการตัดตามแนวรัศมี PP-17-3 แสดง cross-field pits แบบ araucarioid ขนาน
 สเกล: A, B = 200 μ m; C, D = 100 μ m; E = 50 μ m; F, G = 20 μ m44

ภาพที่ 30 กายวิภาคของ Agathoxylon sp. (PP-19-1) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภู
 ปอ A. ภาคการตัดตามขวางแสดงวงปีไม่ชัดเจน B. ภาคตัดขนานเส้นสัมผัสแสดงเซลล์เรย์ 1-seriate
 ปลายเซลล์แบบเรียบ C, D. ภาคตัดตามแนวรัศมีแสดง 1 และ 2-seriate หลุมผนังเซลล์เทรคิรูปร่าง
 กลม; 2-seriate หลุมผนังเซลล์เรียงตรงข้าม E. ฟองอากาศที่เกิดจากสารประกอบอะโรมาติกของ
 น้ำมันในพืช 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.46

ภาพที่ 31 กายวิภาคของ Agathoxylon sp. (PP-19-2) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภู
 ปอ A. ภาคการตัดตามขวางแสดงวงปีไม่ชัดเจน B. ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัสแสดง 1-seriate และ
 1-2-seriate (ลูกศร) C. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ D. ภาคการตัดตามแนวรัศมี
 แสดงหลุมผนังเซลล์ 1-2-seriate (ลูกศร) E. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-seriate
 F, G. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดง cross-field pits แบบ cupressoid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A =
 200 μ m; B, C = 100 μ m; D, E, F, G = 20 μ m.48

ภาพที่ 32 กายวิภาคของ Agathoxylon sp. (PP-19-3) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภู
 ปอ A. ภาคการตัดตามขวางแสดงวงปีชัดเจน B. ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัสแสดง 1-seriate และ 1-
 2-seriate C. ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัสแสดง 1-2-seriate (ลูกศร) D. ภาคการตัดตามแนวรัศมี
 แสดงหลุมผนังเซลล์ 1-seriate E. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 2-seriate เรียงสลับ

- F. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-2-seriate เรียงตรงข้าม G, H. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดง cross-field pits แบบ araucarioid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A, B และ G = 200 μm ; H = 100 μm ; C, D, E และ F = 20 μm50
- ภาพที่ 33 ภายวิภาคของ *Agathoxylon* sp. (PP-19-4) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูป้อ A. ภาคการตัดตามขวางแสดงวงปีชัดเจน B. ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัสแสดง 1-seriate C. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-seriate และ 2-seriate เรียงตรงข้าม D. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-2-seriate เรียงตรงข้าม E. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 2-seriate เรียงสลับรูปร่างหลายเหลี่ยม F. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 2-seriate เรียงสลับรูปร่างกลมถึงรูปไข่ G. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดง cross-field pits แบบ araucarioid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A และ B = 200 μm ; C, D, E, F และ G = 20 μm52
- ภาพที่ 34 ภายวิภาคของ *Agathoxylon* sp. (PP-19-5) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูป้อ A. ภาคการตัดตามขวางแสดงวงปีไม่ชัดเจน B. ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัสแสดง 1-seriate C, D. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-seriate E. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-2seriate ด้านตรงข้าม และ 2-seriate ด้านตรงข้าม F. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดง cross-field pits แบบ araucarioid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A = 200 μm ; B และ C = 50 μm ; D, E และ F = 20 μm54
- ภาพที่ 35 ภายวิภาคของ cf. *Agathoxylon* sp. (PP-19-6) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูป้อ A. ภาคการตัดตามขวางเห็นวงปีไม่ชัดเจน (ลูกศร) B. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ C. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-seriate D. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-2-seriate E. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 2-seriate เรียงตรงข้าม F. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 2-seriate เรียงสลับ G. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดง cross-field pits แบบ araucarioid ขนาดสเกล: A = 200 μm ; B = 100 μm ; C, D, E และ G = 20 μm ; F = 10 μm56
- ภาพที่ 36 ภายวิภาคของ *Agathoxylon* sp. (PP-19-9) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูป้อ A. ภาคการตัดตามขวางแสดงวงปีไม่ชัดเจน B. ภาคการตัดขนาดเส้นสัมผัสแสดงเซลล์เรย์แบบ 1-seriate C. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงลวดหลายของหลุมผนังเซลล์เทรคิต 1-seriate และ 1-2-seriate แบบเรียงสลับ (ลูกศร) D. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดง 1-2-seriate แบบเรียงตรงข้าม E. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดง Cross-field pits แบบ araucarioid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A, B = 100 μm ; C, D, E = 20 μm58

ภาพที่ 37 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp. (KS34-924) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้ำน้อย A. ภาคการตัดตามขวาง B. ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัสแสดงเซลล์เรย์แบบ 1-seriate C. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-seriate และ cross-field pits D. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 2-seriate รูปร่างหลายเหลี่ยมเรียงสลับ E. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 2-seriate เรียงตรงข้าม F. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-2-seriate G. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดง cross-field pits แบบ cupressoid ขนาดสเกล: A, B และ C = 200 μ m; D, E, F และ G = 20 μ m.....60

ภาพที่ 38 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp. (PN-1) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้ำน้อย A. ภาคการตัดตามขวางแสดงวงปีไม่ชัดเจน B. ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัสแสดงเซลล์เรย์แบบ 1-seriate C. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-seriate D. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-seriate และ cross-field pits แบบ araucarioid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A = 200 μ m; B = 100 μ m; C และ D = 20 μ m.....62

ภาพที่ 39 กายวิภาคของ *Shimakuroxylon* cf. *japonicum* (PN-2) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้ำน้อย A. ภาคการตัดตามขวางแสดงวงปีชัดเจนพบ traumatic resin canals B. ภาคตัดขนานเส้นสัมผัสแสดงเซลล์เรย์แบบ 1-seriate และ 1-2-seriate C. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ D. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 2-seriate แบบ japonicum type E. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 2-seriate รูปร่างหลายเหลี่ยมเรียงสลับ F. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดง cross-field pits แบบ cupressoid G. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดง traumatic resin canals ขนาดสเกล: C = 200 μ m; A และ B = 100 μ m; G = 50 μ m; D, E และ F = 20 μ m.64



บทที่ 1

ที่มาและความสำคัญ

1.1 หลักการและเหตุผล

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

การศึกษาซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินในมหายุคมิโซโซอิกของประเทศไทยมีน้อยมาก ทั้งที่มีการรายงานการค้นพบไม้กลายเป็นหินอย่างต่อเนื่อง ส่วนใหญ่มีเพียงการศึกษาจากผู้เชี่ยวชาญชาวต่างประเทศ มีรายงานการค้นพบไม้กลายเป็นหินในยุคจูแรสซิก หมวดหินภูกระดึง กลุ่มหินโคราช ตั้งแต่ปี 1973 พบ *Araucarioxylon* sp. กลุ่มพืชเมล็ดเปลือยวงศ์ Araucariaceae ที่จังหวัดกาฬสินธุ์ (Asama, 1973) นอกจากนี้ยังมีการสำรวจซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินกลุ่มหินโคราชจากหลายจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดกาฬสินธุ์ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดขอนแก่น จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดยโสธร จังหวัดอุดรธานี จังหวัดมุกดาหาร และจังหวัดสกลนคร ชนิด (species) ที่พบได้แก่ *Agathoxylon saravanensis* (Araucariaceae), *Brachyoxylon orientale* (Pinaceae), *Brachyoxylon serrae* (Pinaceae), *Shimakuroxylon japonicum* (Pinaceae), *Xenoxylon phyllocladoides* (Pinaceae) เป็นต้น (Boonchai et al., 2020; Philippe et al., 2004)

แหล่งไม้กลายเป็นหินภูปอ มีไม้กลายเป็นหินกระจุกกระจายอยู่ทั่วบริเวณเขา ซึ่งเป็นบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อยที่มีการพบไดโนเสาร์มากกว่า 3 ชนิด รวมถึงสัตว์ร่วมยุค เช่น ตะโขง เต่า ปลากระดูกแข็ง และฉลามน้ำจืด พรรณไม้ปัจจุบันที่พบบริเวณภูปอและภูน้อยเป็นป่าเบญจพรรณหรือป่าผลัดใบผสม (mixed deciduous forest) หากมีการศึกษาแหล่งไม้กลายเป็นหินจากแหล่งไม้กลายเป็นหินภูปอและแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อยทั้งในด้านกายภาพและชีวภาพ จะสร้างประโยชน์ให้กับคนในพื้นที่ได้ เช่น เพิ่มงานที่สร้างรายได้ให้แก่คนในชุมชนรวมถึงพื้นที่ใกล้เคียง ส่งผลให้เศรษฐกิจในชุมชนมีการขยายตัว ขยายโอกาสให้เกิดการสร้างอาชีพในพื้นที่ และเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่งในประเทศไทยได้ เพราะที่ผ่านมาแม้จะมีการศึกษาไม้

กลายเป็นหินในมหาวิทยาลัยโซโซอิกในประเทศไทยอย่างต่อเนื่อง แต่ยังมีพื้นที่ศึกษาไหนที่เป็นพื้นที่ที่เหมาะสมแก่การพัฒนาเป็นแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินให้กลายเป็นแหล่งอนุรักษ์ หรือแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อจำแนกชนิดไม้กลายเป็นหินที่พบในแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูโป และแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อยได้
2. เพื่ออนุมานถึงสภาพแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศบรรพกาลของภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ไดโนเสาร์และสัตว์ร่วมยุคเคยอาศัยอยู่ได้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีองค์ความรู้เพิ่มเติมด้านไม้กลายเป็นหินจากมหาวิทยาลัยโซโซอิกของประเทศไทย
2. มีบทความวิจัยตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลเพื่อนำมาพัฒนาแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูโปและภูน้อยให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวทางนิเวศวิทยาระดับชาตินานาชาติ
3. ช่วยพัฒนาแหล่งซากดึกดำบรรพ์ที่ศึกษาให้กลายเป็นแหล่งอนุรักษ์ซากดึกดำบรรพ์หรือแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติได้

1.4 สถานที่ในการทำวิจัย

ภาคสนาม ณ แหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูโป บ้านคำสมบูรณ์ ตำบลนาบอน อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ และแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อย ตำบลดินจี่ อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์

ทำปฏิบัติการ ณ ศูนย์วิจัยและการศึกษาบรรพชีวินวิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

1.5 ระยะเวลาในการทำวิจัย

ตารางที่ 1 ระยะเวลาและรายละเอียดในการดำเนินการในการทำวิจัย

กิจกรรม รายละเอียดการ ดำเนินการ	2561			2562			2563			2564
	ม.ค.- เม.ย.	พ.ค.- ส.ค.	ก.ย.- ธ.ค.	ม.ค.- เม.ย.	พ.ค.- ส.ค.	ก.ย.- ธ.ค.	ม.ค.- เม.ย.	พ.ค.- ส.ค.	ก.ย.- ธ.ค.	ม.ค.- เม.ย.
1. รวบรวมข้อมูล										
2. ออกภาคสนาม										
3. ปฏิบัติการไม้ ปัจจุบัน										
4. ปฏิบัติการไม้ กลายเป็นหิน										
5. สอบเค้าโครง วิทยานิพนธ์										
6. วิเคราะห์ข้อมูล และเขียนรูปเล่ม วิทยานิพนธ์										
7. ร่างบทความวิจัย										
8. สอบป้องกัน วิทยานิพนธ์										



1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

ตารางที่ 2 นิยามศัพท์เฉพาะ

ภาษาอังกฤษ	ภาษาไทย	นิยาม	แหล่งอ้างอิง
Axial parenchyma	พาเรงคิมา แนวแกน	เป็นพาเรงคิมาที่แต่ละเซลล์เรียงต่อกันขนานกับแนวแกนของโครงสร้างพืช หรือขนานไปกับความยาวของลำต้นหรือราก	(กมลหทัย แวงวาสิทธิ์, 2554)
Cross-field pits	-	หลุมผนังเซลล์ที่อยู่ระหว่างพาเรงคิมากับเทรคีดในแนวตั้งฉาก	-
Cross section; Transection; Transverse section	ภาคตัดตามขวาง	ด้านที่อยู่ในแนวขวางกับแกนยาวกับลำต้น	(สำนักงาน ราชบัณฑิตย สภา, 2560)
Pit	หลุมผนังเซลล์	ส่วนที่เป็นแอ่งเล็ก ๆ พบตามผนังเซลล์ทุติยภูมิถึงผนังเซลล์ปฐมภูมิ เนื่องจากไม่มีการสะสมสารลิกนินบนผนังเซลล์ปฐมภูมิในขณะที่มีการสร้างผนังเซลล์ทุติยภูมิ ทำให้เป็นเป็นหลุม	(สำนักงาน ราชบัณฑิตย สภา, 2560)
Pit aperture	ปากหลุมผนัง เซลล์	ช่องเปิดของหลุมผนังเซลล์	(สำนักงาน ราชบัณฑิตย สภา, 2560)
Radial section	ภาคตัดตามแนว รัศมี	ด้านที่ตัดตามแนวของเรย์	(สำนักงาน ราชบัณฑิตย สภา, 2560)
Ray	เรย์, เนื้อเยื่อแนว รัศมี	เนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์ที่เรียงเป็นแถวมีส่วนสูงและกว้างต่าง ๆ กัน สร้างโดยเซลล์กำเนิดในแคมเปียมต่อลำเลียงและขยายออกไปเป็นแนวรัศมีของไซเล็มทุติยภูมิและโฟลเอ็มทุติยภูมิ	(สำนักงาน ราชบัณฑิตย สภา, 2560)

ภาษาอังกฤษ	ภาษาไทย	นิยาม	แหล่งอ้างอิง
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

ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

2.1 กระบวนการเกิดไม้กลายเป็นหิน

ไม้กลายเป็นหิน ในพจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถานได้ให้ความหมายไว้ว่า “เนื้อไม้ที่สารละลายซิลิกาเข้าไปแทนที่สารเดิม จนกระทั่งแทนที่ทั้งหมดโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและโครงสร้าง ปกติซิลิกาในเนื้อไม้อยู่ในรูปของโอพอล คาลซิโดนี และควอตซ์” (ราชบัณฑิตยสถาน, 2544) การเกิดของไม้กลายเป็นหินเป็นกระบวนการของการที่ซากดึกดำบรรพ์ที่เกิดการแทนที่ของแร่ (permineralized plant fossil) โดยการแทนที่ของธาตุอื่นเข้าไปในโครงสร้างของเนื้อไม้เป็นการคงสภาพที่ดีที่สุด เพราะซากดึกดำบรรพ์ถูกรักษาสภาพได้ถึงระดับเซลล์ในลักษณะ 3 มิติ การที่ธาตุต่าง ๆ ในธรรมชาติสามารถแทรกเข้าไปแทนที่อ็อกซิเจนในโครงสร้างของเซลล์ได้เนื่องจากอ็อกซิเจนของธาตุที่ละลายน้ำที่อยู่ในน้ำและดินที่ซากดึกดำบรรพ์ฝังตัวอยู่ จะแตกตัวเข้าไปแทนที่อ็อกซิเจนที่มีขนาดและจำนวนประจุใกล้เคียงกันในเซลล์เนื้อเยื่อไม้ โดยทั่วไปธาตุที่มักเข้าไปแทนที่ที่พบบ่อยที่สุดคือ 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 การแทนที่ที่ละเอียด ๆ เกิดอย่างช้า ๆ และเกิดการตกผลึกแร่ใหม่ขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งอินทรีย์วัตถุที่อยู่ในเซลล์ถูกแทนที่โดยสมบูรณ์ (Scott & Collinson, 1983) การเกิดไม้กลายเป็นหินอย่างสมบูรณ์จะพบแร่ทั้งบริเวณผนังเซลล์ ภายในช่องว่างระหว่างเซลล์ และท่อลำเลียง ซึ่งการแทนที่แต่ละครั้งขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของการสะสมตัวในตะกอนที่มีความเข้มข้นของธาตุใดเป็นหลัก ไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่าธาตุใดเข้าไปแทนที่ก่อนหลัง ต้องศึกษาเป็นกรณีของแต่ละสถานที่ที่ไม้กลายเป็นหินสะสมตัว แต่ธาตุที่เสถียร จะต้องมีความสัมพันธ์กับขนาดและประจุของอ็อกซิเจนในอินทรีย์สารเดิม ดังนั้น เมื่อเวลาผ่านไปจะพบว่า ไม้กลายเป็นหินที่ยังคงทนอยู่ได้จนถึงปัจจุบันนั้น มักจะเป็นแร่ซิลิกาซึ่งอ็อกซิเจน (Si^{4+}) มีค่าประจุเท่ากับและขนาดใกล้เคียงกับคาร์บอนอ็อกซิเจน (Ca^{4+}) ที่เป็นตัวประกอบหลักของเซลล์เนื้อไม้ (กฤษณา ชูติมา, 2547)

2.2 พืชเมล็ดเปลือยและกายวิภาคเนื้อไม้ของพืชเมล็ดเปลือย

2.2.1 พืชเมล็ดเปลือย

ในมหายุคมีโซโซอิก (Mesozoic Era) พืชที่มีการกระจายตัวมากและมีความหลากหลายกว่าพืชอื่น คือ พืชเมล็ดเปลือย (gymnosperm) ปัจจุบันเหลือเพียง 1,000 ชนิดเท่านั้น คำว่า gymnosperm นั้นมีที่มาจากภาษากรีก gymnos (naked) และ sperma (seed) แปลว่า เมล็ดเปลือย (naked seed) เป็นพืชที่มีเนื้อไม้เหมือนกับพืชดอก ต่างกันที่ออวูล (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 รองรับ 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) (Chamlong Phengkhai C, 1972; World Flora Online, 2020; สำนักงานหอพรรณไม้, 2561)

2.) Araucariales แผ่นใบมีหลายรูปแบบ หรือลดรูปเป็นเกล็ด หรือมี cladodes โคนเมล็ดออกเดี่ยว ๆ มีใบประดับหนึ่งถึงหลายใบ คล้ายเกล็ด หรือขยายรวมคล้ายฐานดอกสี่เสดใส เมล็ดมีเยื่อหุ้มหนาคัดปลายผล ผงงขึ้นในแข็ง 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 ฟังดู

ค้นพบโดย 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 พญาชะมดป้อม *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 neriifolius* D.Don) และสนใบพาย (*Podocarpus Polystachyus* R.Br. ex Endl.) (World Flora Online, 2020; สำนักงานหอพรรณไม้, 2561)

- Sciadopityaceae สกุล *Sciadopitys* Siebold & Zucc. ซึ่งมีเพียงชนิดเดียว 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 สควมามีสองสัณฐาน คือ มีใบสองแบบในต้นเดียวกัน แผ่นใบด้านล่างมักมีแถบปากใบ โคนเมล็ดกลม รูปไข่ หรือเรียวยาว เกล็ดมักลดรูป 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,

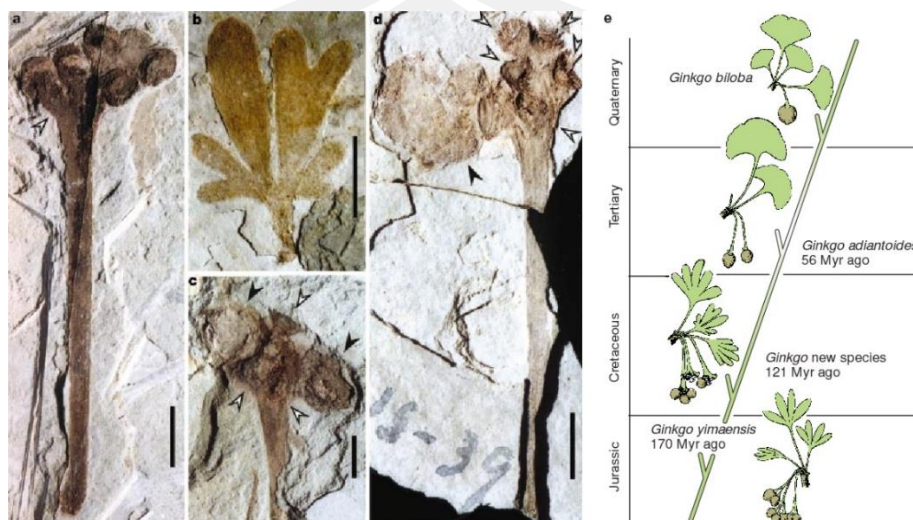
Glyptostrobus Endl., *Juniperus* L., *Libocedrus* Endl., *Metasequoia* Hu & Cheng, *Microbiota* Kom., *Neocallitropsis* Florin, *Neocupropsis*, *Papuacedrus* H.L. Li, *Pilgerodendron* Florin, *Platyclusus* Spach, *Sabina* Mill., *Sequoia* Endl., *Sequoiadendron* Buchholz, *Taiwania* Hayata, *Taxodium* 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 (*Platyclusus 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; พญา มะขามป้อม; สะวาลา, เส่วาลา; หึ่ง) อยู่ในสกุล *Cephalotaxus* พบทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่จังหวัดเลย ภาคเหนือที่จังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย ขึ้นตามป่าดิบเขา ที่ระดับความสูงจากน้ำทะเล 1,000-1,800 เมตร (IPNI, 2020; World Flora Online, 2020; สำนักงานหอพรรณไม้, 2561)

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 มีข้อแบบหางกระรอก ต้นเพศเมียสร้างออวุลที่ชอกใบบริเวณปลายยอด และมีก้านชูออวุลลักษณะยาว ปัจจุบันมีการกระจายพันธุ์ในธรรมชาติอยู่เพียงแคในประเทศจีน แปะก๊วยได้ชื่อว่าเป็นสิ่งมีชีวิตที่ยังคงลักษณะดึกดำบรรพ์ (living fossil) เพราะนับว่าเป็นพืชที่แทบจะไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงมานานนับมาตั้งแต่ยุคที่สัตว์เลื้อยคลานขนาดใหญ่ครองโลก Zhou และ Zheng (2003) พบแปะก๊วยชนิดใหม่ในชั้นหินยุคครีเทเชียสที่มี

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่อยู่ระหว่าง *G. yimaensis* ในยุคจูแรสสิกและ *G. adiantoides* ในต้นยุคเทอร์เชียรี รวมถึง *G. biloba* ในปัจจุบันด้วย (ภาพที่ 1)



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

Cycadophyta หรือ ปรง มี 1 อันดับ

1.) Cycadales มี 2 วงศ์ คือ วงศ์ Cycadaceae 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 และใบเกล็ดมีลักษณะเป็นแผ่นปกคลุมลำต้น

ส่วนปลายยอด ซึ่งใบเกล็ดเกิดจากการหลุดร่วงของแผ่นใบ แล้วทิ้งฐานใบติดไว้กับลำต้น ปรงเป็นพืชน้ำไม่ผลัดใบพร้อมกันทั้งต้น

2.2.2 กายวิภาคเนื้อไม้ของพืชมะลิัดเปลือย

ในการตรวจเอกลักษณ์ของเนื้อไม้ จำเป็นต้องศึกษาลักษณะหยาบ ๆ ภายนอกของเนื้อไม้เสียก่อน (macroscopic features) แล้วจึงจะสามารถตรวจเอกลักษณ์ของเซลล์ภายในเนื้อไม้ได้ ลักษณะอย่างหยาบภายนอกเนื้อไม้เป็นลักษณะที่เห็นได้ด้วยตาเปล่า มีคำที่ใช้เรียกแตกต่างกัน 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

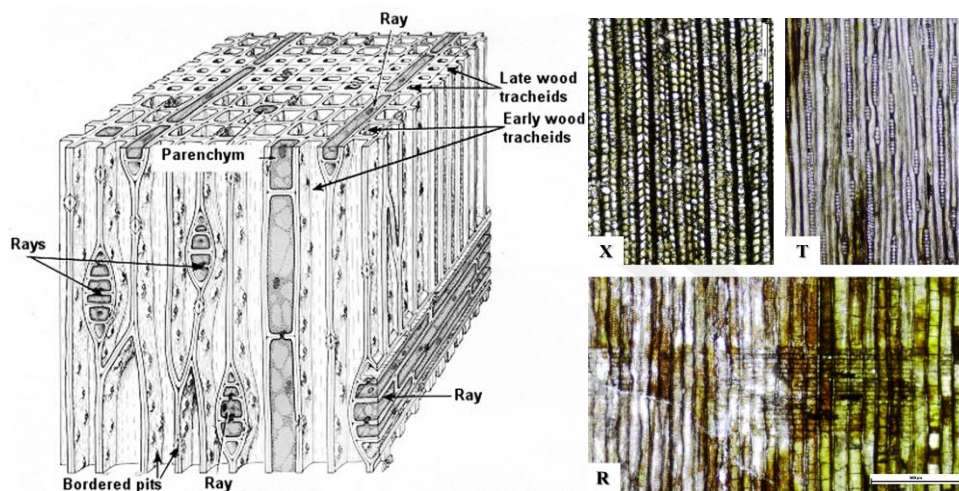
ภาคการตัดตามขวาง (cross section หรือ transverse section; X)

ภาคการตัดตามแนวรัศมี (radial section; R)

ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัส (tangential section; T)

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

พหุบัน ปณุ ทิโต ชิว



ภาพที่ 2 กายวิภาคของเนื้อไม้พีชเมล็ดเปลือย ด้านซ้ายแสดงแต่ละด้านของเนื้อไม้ที่ใช้ศึกษา (Hans' Paleobotany Pages, 2020), ด้านขวาแสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์ของไม้กลายเป็นหินจากเทคนิคการทำแผ่นหินบาง อักษรย่อ: X = cross section, T = tangential section, R = radial section

2.2.3 การตรวจสอบเอกลักษณ์ไม้กลายเป็นหินตามเกณฑ์ IAWA

ในการตรวจสอบเอกลักษณ์ของไม้กลายเป็นหินต้องมีเกณฑ์ในการจำแนกเช่นเดียวกับพืชปัจจุบัน 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) ทั้งนี้พบว่ายังมีบางลักษณะของสนมหายุคมีโซโซอิกที่ไม่ปรากฏในสนปัจจุบัน 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 พบในพีชเมล็ดเปลือยบาง section เช่น *Sylvestris* และ *Strobus* ในวงศ์ Pinaceae

2. pinoid จำนวนของปากหลุมผนังเซลล์มี 1 – 6 ปากหลุมผนังเซลล์ ส่วนใหญ่มักพบ 3 ปากหลุมผนังเซลล์ขึ้นไป มีตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดค่อนข้างใหญ่ขึ้นอยู่กับจำนวนของ cross-field pits ขอบปากหลุมผนังเซลล์เรียบหรือลดขนาดลงจนแทบไม่เห็นขอบ ปากหลุมผนังเซลล์มี

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

หมายเหตุ:

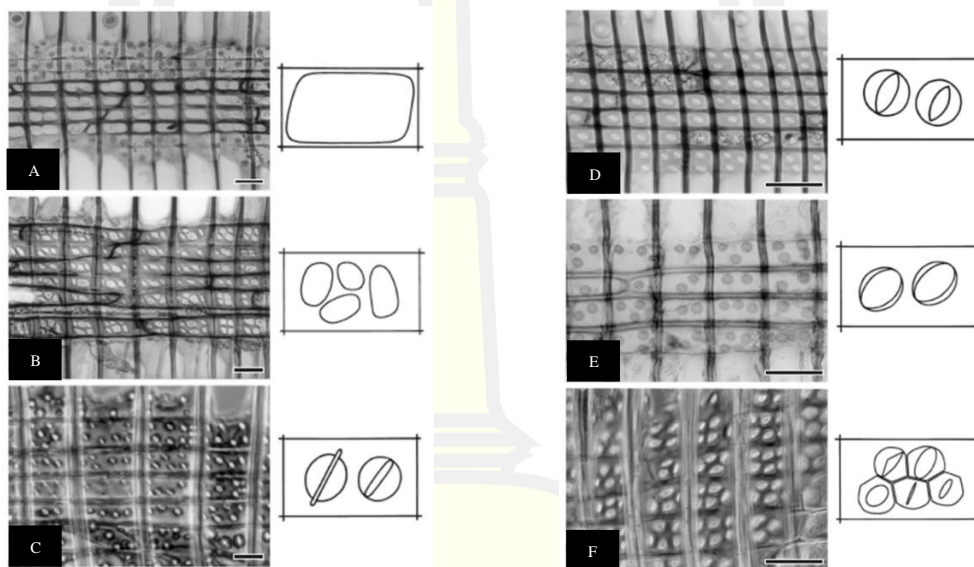
นอกจากที่กล่าวมาทั้งหมดยังมีรายงานที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับความแตกต่างของ cross-field pits ซึ่งบางลักษณะไม่ได้ปรากฏใน IAWA ตามรายงานของ Chavchavadze (1979) นั้น จำนวนของปากหลุมผนังเซลล์ใน cross-field pits จะใช้ระบุเอกลักษณ์บางสกุลในวงศ์ Cupressaceae เช่น สกุล *Sequoia* มีปากหลุมผนังเซลล์มากถึง 5 แถว สกุล *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

แต่ลักษณะโครงสร้างภายนอกค่อนข้างสม่ำเสมอคล้ายแบบ cupressoid (ภาพที่ 2.3D) 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 μm ; C = 20 μm . (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) ขณะที่วงศ์อื่นมี

น้อยหรือไม่มี การจำแนกไม้กลายเป็นหินในกลุ่มพืชเมล็ดเปลือยและพืชดอกต้องศึกษาทั้ง 3 ด้าน เหมือนกับการจำแนกไม้ปัจจุบัน โดยเฉพาะภาคการติดตามแนวรัศมีเป็นด้านสำคัญที่ใช้ในการจำแนก พืชเมล็ดเปลือย แต่การคงสภาพของเซลล์ในด้านนี้ของซากดึกดำบรรพ์ไม้สนมหายุคมีโซโซอิกมักจะไม่ สมบูรณ์ และแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินส่วนใหญ่จะไม่พบอวัยวะส่วนอื่นของพืชที่ไม่ใช่ ส่วนเนื้อไม้ จึงไม่สามารถที่จะยืนยันได้ชัดเจนว่าเป็นพืชชนิดใด ลักษณะโครงสร้างกายวิภาคของเนื้อ ไม้มีการวิวัฒนาการช้ากว่าโครงสร้างของอวัยวะสืบพันธุ์ ซึ่งในการจำแนกพืชไม่ว่าจะเป็นพืชเมล็ด เปลือยหรือพืชดอกสิ่งสำคัญที่ระบุชนิดได้ค่อนข้างชัดเจน คือ อวัยวะสืบพันธุ์ นอกจากนี้ การศึกษาที่ ผ่านมา มีการตั้งชื่อไม้กลายเป็นหินที่หลากหลาย แม้ว่าในตัวอย่างที่พบจะมีลักษณะเด่นของไม้ชัดเจน หรือไม่ชัดเจนก็ตาม ทำให้ชื่อของไม้กลายเป็นหินมีมากพอ ๆ กับจำนวนตัวอย่างที่มีการค้นพบ จึงไม่มี ความสมเหตุสมผล นอกจากนั้นการตั้งชื่อสกุลไม้กลายเป็นหินยังมีปัญหาเรื่องการมีชื่อสกุลที่มากเกินไป กว่าที่จำเป็น ไม้กลายเป็นหินบางสกุลมีลักษณะกายวิภาคที่ไม่ได้แตกต่างกันนักแต่กลับมีการตั้งชื่อ สกุลขึ้นมาใหม่เรื่อย ๆ แทนที่จะตั้งชื่อสกุลเดียวกันกลับมีการตั้งชื่อเป็นกลุ่มใหม่เพิ่มมากขึ้น อีกทั้ง ปัจจัยทางด้านภูมิอากาศหรือลักษณะภูมิประเทศก็อาจทำให้สับสนได้เช่นกัน เพราะต้นไม้ชนิด เดียวกันแต่เจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันก็ทำให้โครงสร้างต่างกันออกไปทำให้จำแนกผิดได้ (Philippe, 2011) หรือแม้แต่ในต้นไม้ต้นเดียวกันยังมีลักษณะทางกายวิภาคที่แตกต่างกันระหว่างไม้ ต้นฤดูและไม้ปลายฤดู ปัญหาเหล่านี้ทำให้การจำแนกไม้กลายเป็นหินเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก แม้จะมีการ ตั้งชื่อพืชชนิดใหม่แล้ว หากมีการค้นพบหลักฐานใหม่ชื่อที่เคยตั้งไว้แล้วก็จะถูกพิจารณาใหม่ตามความ เหมาะสม ดังนั้น ชื่อของซากดึกดำบรรพ์พืชจึงมีการเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต ตัวอย่างเช่น *Araucarioxylon arizonicum* ได้รับการเสนอชื่อโดย Knowlton ในปี 1889 ต่อมาได้มีการเสนอชื่อ เพิ่มเติมว่าเป็น *Pullislvaxylon arizonicum* และตั้งเป็นสกุลใหม่ชนิดใหม่ โดย Savidge ในปี 2007

2.3.2 การตั้งชื่อไม้กลายเป็นหิน

หลักการในการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ของไม้กลายเป็นหินยึดตามระบบชื่อนุกรมวิธานพืชสากล (the International Code of Botanical Nomenclature: ICBN) แบ่งเป็น 2 ส่วนแบบระบบทวินาม (binomial system) คือ ชื่อสกุล (generic name) และชื่อชนิด (specific epithet) รายละเอียดในการตั้งชื่อจะมีคำลงท้ายที่ต่างกัน เช่น ชื่อวงศ์ลงท้ายด้วย -aceae ชื่ออันดับลงท้ายด้วย -ales ชื่อชั้นลงท้ายด้วย -opsida ชื่อไฟลัมลงท้ายด้วย -ophyte (Cleal & Thomas, 2009) คำลง ท้ายชื่อสกุลบ่งบอกถึงลักษณะสำคัญที่พบจากซากดึกดำบรรพ์ (ลำต้น ราก หรือ โคน) (Taylor et al. 2009) ไม้กลายเป็นหินมักลงท้ายด้วยคำว่า -xylon (อ่านว่า ไชลอน) เช่น *Agathoxylon*,

Araucarioxylon, *Brachyoxylon*, *Xenoxylon* หรือ ลงท้ายด้วยคำว่า -xylous เช่น *Homoxyloous* ซึ่งหมายถึงเนื้อไม้ระยะทุติยภูมิของพืช (secondary xylem)

2.3.3 รูปร่างการจำแนกไม้กลายเป็นหินมหายุคมีโซโซอิก

รูปร่าง (key) ที่ใช้จำแนกชื่อวิทยาศาสตร์ไม้กลายเป็นหินมหายุคมีโซโซอิกของ Philippe และ Bamford (2008) ลักษณะของรูปร่างมีความคล้ายกับ Slyper (1933) และ Vogellehner (1967; 1968) ซึ่งมีการแบ่งสนเป็น 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 การจัดกลุ่มไม้ในรูปร่างตามแบบ Philippe และ Bamford (2008) ทำให้ผู้ค้นคว้าจำแนกไม้กลายเป็นหินได้สะดวกขึ้น ในการระบุลักษณะสำคัญของพืชในกลุ่มพืชเมล็ดเปลือยนั้น ภาคการตัดตามแนวรัศมีเป็นด้านที่สำคัญที่สุดสำหรับการศึกษาโดยเฉพาะลักษณะของ cross-field pits

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* พบตั้งแต่ยุคจูแรสสิกตอนกลาง (168-165 ล้านปีก่อน) จนถึงสมัยไมโอซีน (23 – 5.3 ล้านปีก่อน)

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



ภาพที่ 4 แสดงการกระจายทางภูมิศาสตร์ของไม้กลายเป็นหินสกุล *Agathoxylon* (*Agathoxylon* Hartig, 1848 ใน GBIF Backbone Taxonomy (GBIF the Global Biodiversity Information Facility, 2020)

(2.) *Brachyoxylon* Hollick & Jeffrey

Brachyoxylon เป็นไม้กลายเป็นหินเป็นกลุ่มพืชเมล็ดเปลือยจัดอยู่ในวงศ์ Araucariaceae ค้นพบครั้งแรกโดย Hollick และ Jeffrey ในปี 1909 จากการค้นพบไม้กลายเป็นหินที่มีอายุอยู่ในยุคครีเทเชียสตอนต้นจากประเทศสหรัฐอเมริกา (Hollick & Jeffrey, 1909) หลังจากนั้นชื่อนี้ได้ถูกนำไปใช้โดยนักพฤกษศาสตร์หลายคนซึ่งนำไปใช้ตั้งชื่อไม้กลายเป็นหินของมหายุคมีโซโซอิกอย่างแพร่หลาย 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, cross-field pits แบบ araucarian และ/หรือ มีท่อน้ำยาง (Bamford & Philippe, 2001)

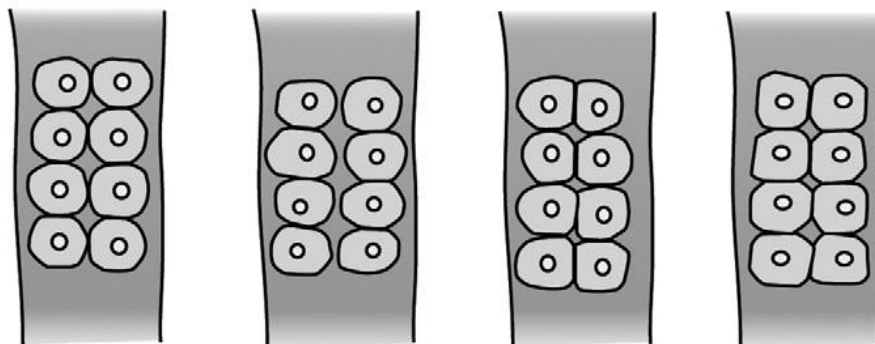
Brachyoxylon นั้นอยู่ในช่วงเวลาที่กว้างมากจาก boreal และ Gondwana ตั้งแต่ยุคเพอร์เมียนจนถึงปลายยุคครีเทเชียส การกระจายทางภูมิศาสตร์บรรพกาลพบได้ทั่วไปใน boreal area (สหรัฐอเมริกา, ตุนิเซีย, ญี่ปุ่น, กัมพูชา, ไทย, ฝรั่งเศส และโรมาเนีย) (ภาพที่ 5) ซึ่งพบได้มากกว่าในเขต Gondwana (Tian et al., 2018)



ภาพที่ 5 แสดงการกระจายทางภูมิศาสตร์ของไม้กลายเป็นหินสกุล *Brachyoxylon* Hollick & Jeffrey, 1909 ใน GBIF Backbone Taxonomy (GBIF the Global Biodiversity Information Facility, 2020)

(3.) *Shimakuroxylon* Philippe, M., Boura, A., Oh, C. & Pons, D.

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, *Protopodocarpoxyylon orientale* Serra, *Protopodocarpoxyylon paraorientale* Serra และ *Prototaxoxyylon japonicum* Nishida & Oishi ที่มีปัญหาด้านอนุกรมวิธาน เนื่องจากการค้นพบไม้กลายเป็นจำนวนมากขึ้นจึงมีการตรวจสอบเพิ่มเติมและพบว่า จำนวนของ cross-field pits มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน และยังมีการไล่ระดับกันอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะในตัวอย่างที่มีความคล้ายคลึงกัน (ตารางที่ 3) รวมถึงการมี radial pitting แบบ japonicum (ภาพที่ 5) ตั้งแต่ 10% ขึ้นไปคิดเปอร์เซ็นต์จาก radial pitting ที่พบทั้งหมดในตัวอย่าง ไม้กลายเป็นหินเหล่านี้พบในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และมีการกระจายพันธุ์เป็นวงกว้างตั้งแต่ช่วงปลายยุคไทรแอสสิกถึงปลายยุคครีเทเชียส (M Nishida & Oishi, 1982; Makoto Nishida & Nishida, 1983; Philippe et al., 2014; Serra, 1966b, 1966a, 1968, 1969; Shimakura, 1933, 1936; Yamazaki & Tsunada, 1981)



ภาพที่ 6 แสดง radial pitting แบบ japonicum ซึ่งมีลักษณะเป็น biseriate opposite (Philippe et al., 2014)

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายวิภาคของไม้กลายเป็นหินที่มี radial pitting แบบ Japonicum ซึ่ง Philippe et al. (2014) ได้ตรวจสอบจากโพลีโทปอีกครั้ง (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>Protopodocarpoxyton orientale</i> Serra	1-2, a or o	4-8	i	-	-	-	4-7
<i>Protopodocarpoxyton 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 สังกัมพืชสกุล *Xenoxylon* มีความการจำกัดการกระจายพันธุ์เพียงแคในทวีปยูเรเชีย (Eurasia) (ประกอบด้วย ทวีปยุโรปและทวีปเอเชีย) (ภาพที่ 7) เท่านั้น เป็นตัวบ่งชี้สภาพอากาศแบบหนาวเย็นและเปียกชื้น ในช่วง

แรกๆที่เริ่มมีการกระจายพันธุ์ของพืชสกุล *Xenoxylon* นั้น คือ ช่วงปลายยุคไทรแอสซิกในสกุลนี้แต่ยังคงมีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ต่ำเพียง 3 สายพันธุ์ (genera) ต่อมาในช่วงต้น – กลางยุคจูแรสซิกความหลากหลายของชนิดพันธุ์มีเพิ่มมากขึ้นมากถึง 27 สายพันธุ์ เมื่อปลายยุคครีเทเชียสมีการกระจายพันธุ์ที่น้อยลงและสูญพันธุ์ไปในที่สุด



ภาพที่ 7 แสดงการกระจายทางภูมิศาสตร์ของไม้กลายเป็นหินสกุล *Xenoxylon* Gothan, 1905 ใน GBIF Backbone Taxonomy (GBIF the Global Biodiversity Information Facility, 2020)

2.4 ธรณีวิทยาในพื้นที่วิจัย

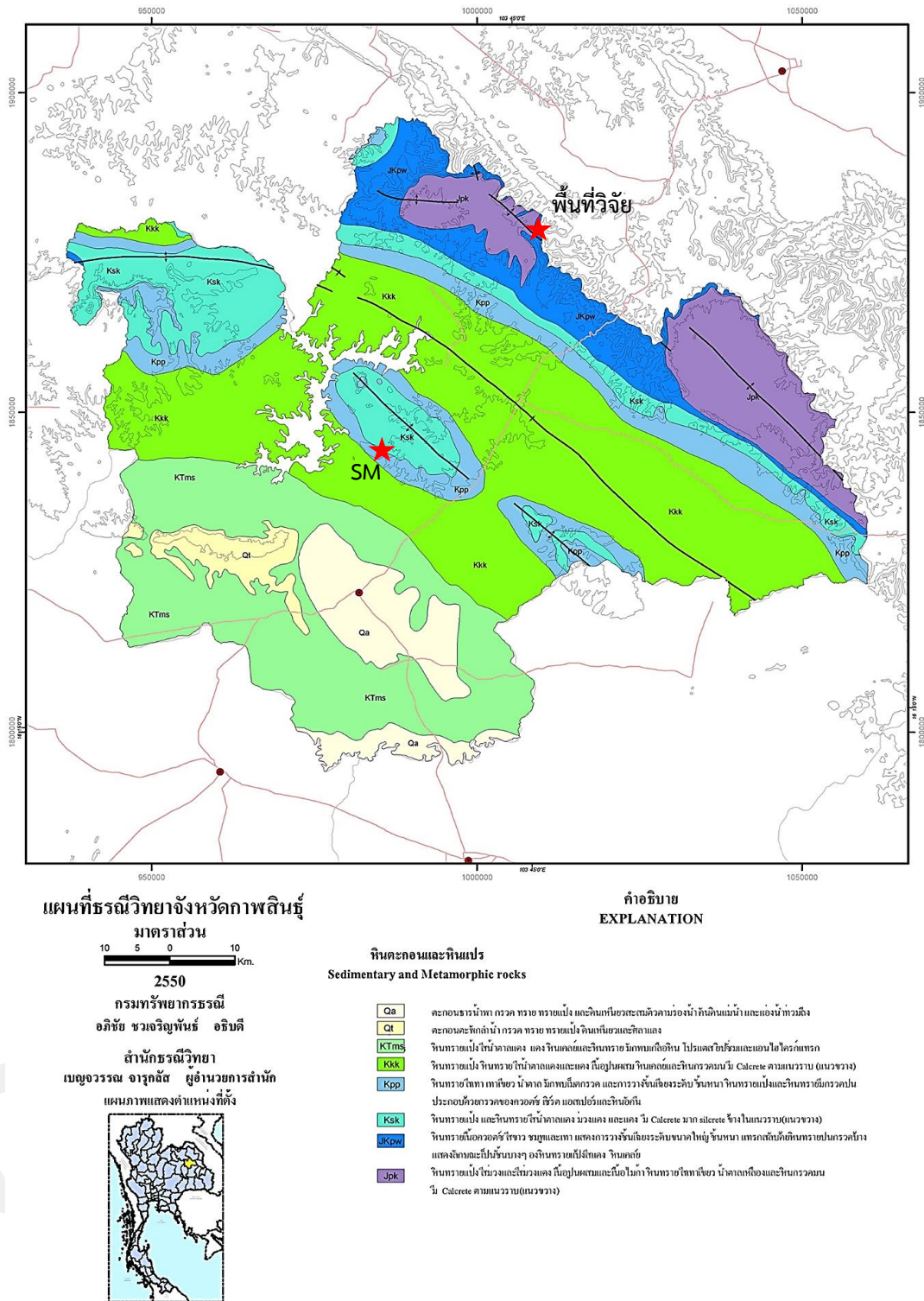
กลุ่มหินโคราช (Khorat Group) เป็นชั้นหินสีแดงมหายุคมีโซโซอิกซึ่งส่วนใหญ่สะสมตัวบนภาคพื้นทวีป (ภาพที่ 9) มีอายุตั้งแต่ยุคไทรแอสซิกตอนปลายถึงยุคครีเทเชียส-เทอร์เชียรี ชั้นหินมีความเอียงลาดเล็กน้อยสู่ใจกลางแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร กลุ่มหินโคราชวางตัวแบบไม่ต่อเนื่องบนหินยุคที่แก่กว่า โดยที่ส่วนล่างสุดมักพบชั้นหินกรวดมน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นตะกอนกลุ่มหินโคราชเกือบทั้งหมด อีกทั้งยังพบตะกอนกลุ่มหินโคราชในบางจุดของภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ของประเทศไทย ปัจจุบันกลุ่มหินโคราชแบ่งออกเป็น 9 หมวดหิน (ภาพที่ 8) โดยมีลำดับจากล่างไปหาบนได้ คือ หมวดหินห้วยหินลาด หมวดหินน้ำพอง หมวดหินภูกระดึง หมวดหินพระวิหาร หมวดหินเสาขัว หมวดหินภูพาน หมวดหินโคกกรวด หมวดหินมหาสารคาม และหมวดหินภูทอก (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

แหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูพานและแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อยเป็นตะกอนที่สะสมตัวในช่วงมหายุคมีโซโซอิก ในหมวดหินภูกระดึง อายุประมาณ 150-135 ล้านปี การสะสมตัว

ประกอบด้วยหินทรายแป้ง หินทรายสีเทาอมเขียว หินโคลน หินกรวดมนเนื้อปูนผสม มีแร่ไมก้าปะปน และพบชั้นหินปูนบาง ๆ สลับกับชั้นหินสีเทาแกมแดง ในบริเวณภูกระดึงมีความหนาของชั้นหินนี้ ประมาณ 1,001 เมตร จากการลำดับชั้นหิน ลักษณะทางกายภาพของหิน และซากดึกดำบรรพ์ที่พบ บ่งชี้ได้ว่าบริเวณแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม่กลายเป็นหินรูปอและแหล่งซากดึกดำบรรพ์น้อยเกิดจากการสะสมตัวของตะกอนหนอง บึง หรือแม่น้ำที่มีสภาพทางน้ำแบบโค้งตัวตวัด กระแสน้ำที่รุนแรงในร่องน้ำ สภาพอากาศขณะสะสมตัวค่อนข้างแห้งแล้ง (Racey & Goodall, 2009; กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

Age	Group	Formation	Key Events	Environment
TERT.	LATE	Phu Tok	HIMALAYAN OROGENY Major uplift and erosion of >3km of sediment plus formation of long wavelength folds.	Aeolian & Fluvial
		Maha Sarakham	Rimmed and isolated intracontinental basin.	Fluvial & Aeolian
CRETACEOUS	EARLY	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.	Fluvial to Paralic
		Phu Phan	Possible BARREMIAN-APTIAN EVENT suggested by palaeomagnetic data and marked erosion of Sao Khua Formation.	Braided river system
	Sao Khua	Alluvial floodplain		
	LATE	Phra Wihan	Deposition in a foreland basin (? Sichuan Basin) associated with flexural subsidence at the front of a ? Late Jurassic orogenic belt.	Braided river system
		Phu Kradung		Lacustrine dominated alluvial floodplain
	JURASSIC	? LATE	Upper Nam Phong	'CIMMERIAN' EVENT (Indosinian III orogeny) Marked by Jurassic-Hiatus and unconformity along southern edge of Khorat Basin.
TRIASSIC	LATE	Lower Nam Phong	INDOSINIAN II OROGENY Major uplift, erosion and peneplanation. Inversion of Triassic half-grabens.	Alluvial fans and floodplain (only seen in basin centre)
		Huai Hin Lat	Extension and half-graben development.	Lacustrine and fluvial with volcanics in lower part
PERMIAN	LATE	Hua Na Kham Pha Nok Khao	INDOSINIAN I OROGENY (Late Permian-Mid Triassic) Major uplift, erosion and peneplanation.	Shallow marine

ภาพที่ 8 ลำดับชั้นหินและการสะสมของตะกอนนมหายุคมีโซโซอิก ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย (Racey & Goodall, 2009)

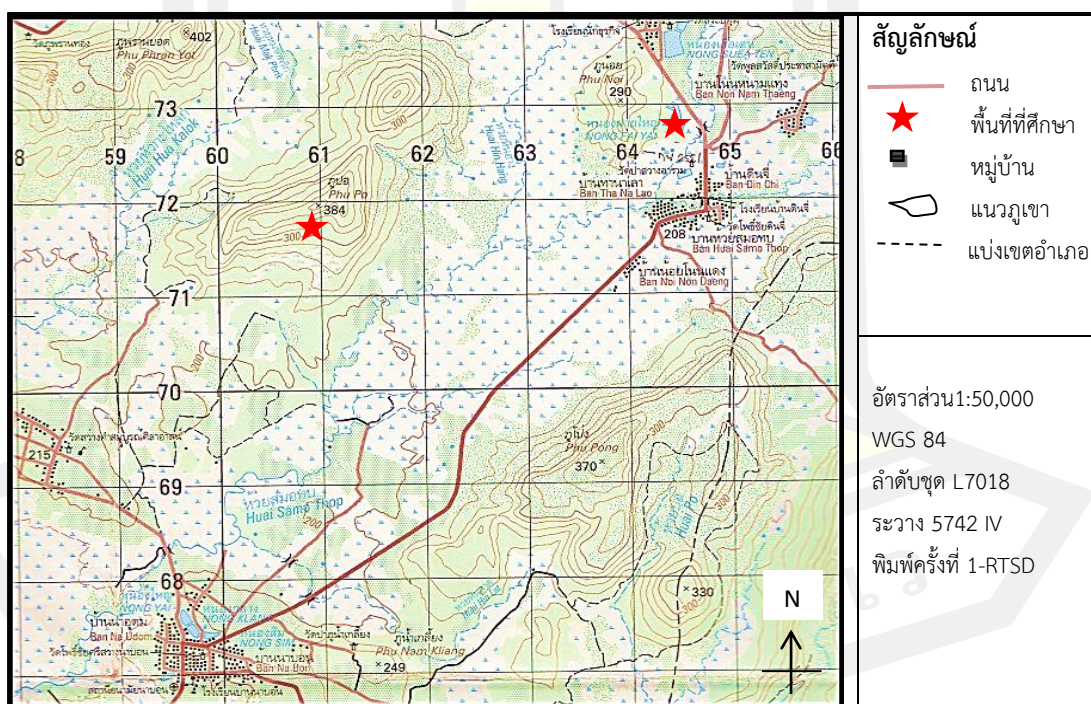


ภาพที่ 9 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดกาญจนบุรี; SM = พิทธิภณท์สิรินธร (ดัดแปลงจาก: กรมทรัพยากรธรณี (2550))

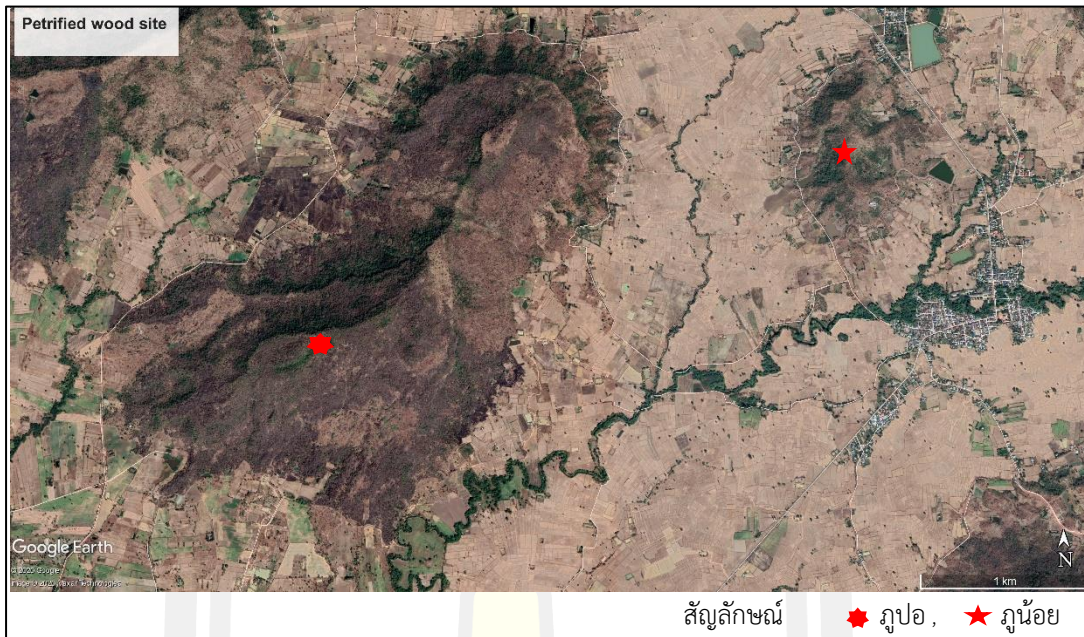
2.5 พื้นที่วิจัย

แหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินรูปอ บ้านคำสมบูรณ์ ตำบลนาบอน อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ ละติจูด $16^{\circ} 55' 15.07''$ ลองจิจูด $103^{\circ} 41' 1.42''$ อยู่ห่างจากจังหวัดกาฬสินธุ์ ประมาณ 72 กิโลเมตร การเดินทางได้ 2 เส้นทางคือผ่านถนนหมายเลข 227 และถนนหมายเลข 12 ใช้เวลาเดินทางประมาณประมาณ 1 ชั่วโมง 10 นาทีเท่ากันทั้งสองเส้นทาง จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินรูปอเดินทางต่อทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 10 นาทีจะถึงแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อย (ภาพที่ 10 – 13)

แหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินรูปอและแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อยเป็นป่าเบญจพรรณ หรือป่าผลัดใบผสม (mixed deciduous forest) ซึ่งพบได้กระจัดกระจายเป็นหย่อมเล็ก ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ลักษณะเป็นป่าโปร่ง ต้นไม้ลำต้นสูง กลาง และต่ำอยู่สลับกัน มีต้นไม้ขึ้นกระจายอยู่ทั่วไป ดิน เป็นดินที่สลายมาจากหินตะกอน ต้นไม้ส่วนใหญ่จะผลัดใบในฤดูแล้ง เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนจะผลิใบเต็มต้น (วัชชัย สันติสุข, 2549)



ภาพที่ 10 แผนที่ภูมิประเทศแสดงแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินรูปอและแหล่งขุดค้นภูน้อย อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ (ดัดแปลงจาก: กรมแผนที่ทหาร 2551) (กรมแผนที่ทหาร, 2551)



ภาพที่ 11 แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศแสดงแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินกุปอและแหล่งขุดค้นกุน้อย 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 12 ทางเข้าแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินกุปอ พ.ศ. 2561 (ภาพโดยสุภณัฐ บุตราช)



ภาพที่ 13 ภาพถ่ายทางอากาศแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อยด้วยอากาศยานไร้คนขับ
(ภาพโดยสุรเวช สุธีธร)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 การศึกษาไม้กลายเป็นหินในประเทศไทย

Asama (1973) รายงานว่าพบซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินยุคจูแรสซิก หมวดหินภูกระดึง ที่อำเภอภูผินารายณ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยได้ค้นพบ *Araucarioxylon* sp. ซึ่งเป็นพืชเมล็ดเปลือยวงศ์สนฉัตร

Prakash (1979) รายงานการวิจัยไม้กลายเป็นหินที่เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ยุคเทอร์เชียรีในประเทศไทย พบว่าซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เป็นพืชในวงศ์ย่อยราชพฤกษ์ ได้แก่ *Pahudioxylon sahnii* Ghosh & Kazmi ลักษณะคล้ายไม้มะค่าโมง ปัจจุบัน, *Cynometroxylon parinaequifolium* ไม้พวงสกุลมะคะ มังคาก, ไม้วงศ์ย่อยประดู่ *Millettioxylon indicum* Awasthi คล้ายไม้ในสกุลกระพี้เขาควาย, ไม้วงศ์สมอ *Anogeisoxylon thailandicum* คล้ายไม้สกุลตะเคียนหนู และไม้ในวงศ์จิก *Dryoxylon siamensis* (Prakash, 1979 อ้างถึงใน ประเทือง จินตสกุล, 2551)

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, *Palmoxyton* sp. จำนวน 4 ชนิด ในสมัยไมโอซีนถึงสมัยพลาสโตซีนพบพืช 3 ชนิด ได้แก่ *Protium serratum* (Colebr.) Engl., *Terminalia alata* Heyne ex Roth, และ *Wrightia arborea* (Dennst.) Mabberley พรรณไม้ที่จำแนกได้เป็นชนิดเดียวกับพรรณไม้ที่พบอยู่ทั่วไปในป่าดิบแล้ง และป่าเบญจพรรณบนที่ราบสูงโคราชในปัจจุบัน บ่งชี้ว่าสภาพภูมิอากาศของที่ราบสูงโคราชในสมัยไมโอซีน-สมัยพลาสโตซีน มีสภาพใกล้เคียงกับสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน

Berthelin et al. (2006) ศึกษาไม้กลายเป็นหินในยุคเพอร์เมียน จำแนกได้เป็นชนิด *Dadoxylon walchiopremnoides* (Votziates) ซึ่งเป็นพืชเมล็ดเปลือยจำพวกสน นอกจากนี้ ยังมีรายงานการจำแนกตัวอย่างไม้กลายเป็นหินจากแหล่งอื่นของจังหวัดเพชรบูรณ์พบพืชเมล็ดเปลือยในกลุ่มแปะก๊วย (Ginkgophyta) ซึ่งคล้ายคลึงกับ *Ginkgophytoxylon permianse* ไม้กลายเป็นหินที่พบทางตอนใต้ของประเทศฝรั่งเศส ซึ่งถือเป็นข้อบ่งชี้ว่าพืชในกลุ่ม Euramerican ได้เข้ามาถึงภาคกลางของประเทศไทยในช่วงกลาง-ปลายยุคเพอร์เมียน (Berthelin et al. 2006 อ้างถึงใน ประทีป จินตสกุล, 2551)

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. ความหลากหลายของ

พรรณไม้บรรพกาลมีความใกล้เคียงกับพรรณไม้ที่พบในป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และป่าดิบแล้ง ปัจจุบัน แสดงถึงสภาพภูมิอากาศที่ร้อนชื้นสลับแล้งและร้อนชื้นแบบมรสุม ซึ่งไม่ต่างกับสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน

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



ตารางที่ 4 ตารางชนิดพันธุ์ของไม้กลายเป็นในมหายุคมีโซโซอิกของประเทศไทย

	locality	Formation	Ref.
<i>Agathoxylon saravanensis</i>	Phu Phan Range	Phu Kradung, Phra Wihan, Sao Khua	(Philippe et al., 2004)
<i>Agathoxylon</i> sp.	Phu Por	Phu Kradung	(Boonchai et al., 2020)
<i>Araucarioxylon japonicum</i>	Phu Tang Kwian	Phu Kradung	(Yamazaki & Tsunada, 1981)
<i>Araucarioxylon</i> sp.	Ban Kut Bot, Phu Phan Range	Phu Kradung	(Kobayashi, 1960; Philippe et al., 2004)
<i>Brachyoxylon boureauii</i>	?	Phu Kradung	(Philippe et al., 2004)
<i>Brachyoxylon orientale</i>	?	Phu Kradung	(Philippe et al., 2004)
<i>Brachyoxylon rotnaense</i>	?	?	(Philippe & Suteethorn, 2011)
<i>Brachyoxylon serrae</i>	?	Phu Kradung	(Philippe & Suteethorn, 2011)
<i>Brachyoxylon</i> sp.	?	Phu Kradung, Phra Wihan	(Philippe et al., 2004)
<i>Homoxyloous tracheidoxyl</i>	?	Nam Phong, Phu Kradung	(Philippe et al., 2015)
Podocarpaceae	On display at the Phu Faek footprint	Upper Phu Kradung	park rangers
<i>Shimakuroxylon japonicum</i>	Phu Khieo Wildlife Sanctuary, Chaiphum Province	Phu Phan, Phu Kradung	(Philippe et al., 2015)
<i>Xenoxylon</i> sp.	Phu Por	Phu Kradung	(Boonchai et al., 2020)

หมายเหตุ: ? คือ ไม่พบข้อมูลในรายงานการวิจัย

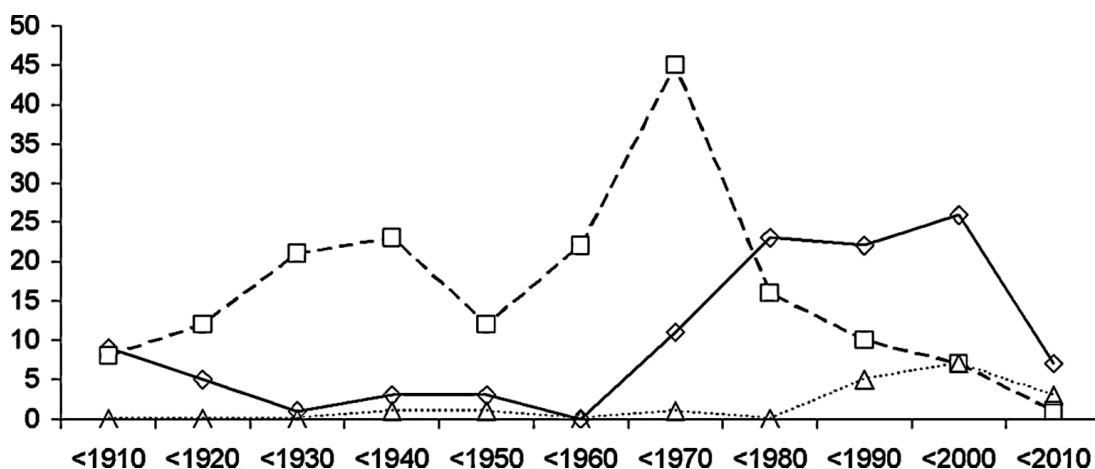
จากในตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าในประเทศไทยพบไม้กลายเป็นหินในกลุ่มพืชเมล็ดเปลือยในอันดับสนอยู่มาก โดยมีสกุล *Agathoxylon* และสกุล *Xenoxylon* เป็นไม้กลายเป็นหินที่พบในแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินเป็นรูปอ ผู้วิจัยจึงสนใจการศึกษาพืชสองสกุลนี้เป็นอย่างมาก

2.6.2 การศึกษาไม้กลายเป็นหินในต่างประเทศ

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

Philippe และ Bamford (2008) ได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่ศึกษาอนุกรมวิธานเนื้อไม้ และการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ไม้กลายเป็นหิน เนื่องจากการศึกษาที่ผ่านมามีการบรรยายลักษณะและการจัดตั้งตัวอย่างต้นแบบไม่สอดคล้องกับวิธีการศึกษาสมัยใหม่ และหลักการตั้งชื่อวิทยาศาสตร์ของระบบชื่ออนุกรมวิธานพืชสากล (ICBN) นอกจากนี้บางตัวอย่างยังมีการบรรยายลักษณะที่มีความสับสนและอภิปรายผลผิด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการตรวจสอบเอกสารไม้กลายเป็นหินจำพวกสนที่มีอายุในมหายุคมีโซโซอิก และทำการศึกษาตัวอย่างต้นแบบเท่าที่จะทำได้ตามที่มิในรายงานของระบบชื่ออนุกรมวิธานพืชสากล นอกจากนี้ยังมีการบรรยายลักษณะของเนื้อไม้ให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น และได้จัดรูปวิธานเพื่อใช้ในการระบุชื่อวิทยาศาสตร์ของไม้กลายเป็นหิน

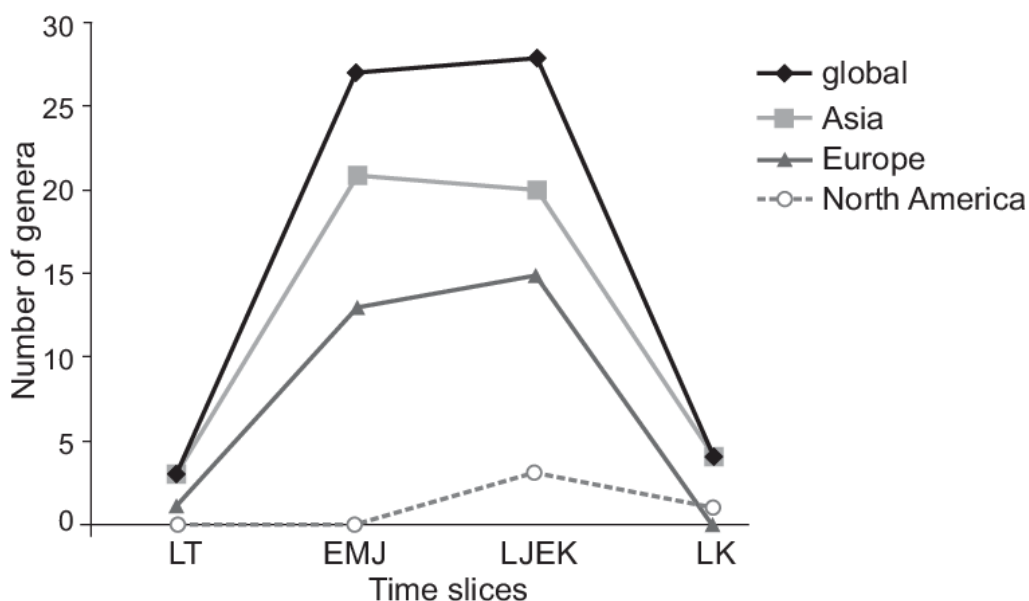
Philippe (2011) พบว่ามีการอธิบายลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ *Araucarioxylon* ไว้มากกว่า 400 ชนิด ในรายงานนี้มีการวิเคราะห์ฐานข้อมูล *Araucarioxylon* ที่มีอยู่ทั้งหมด 428 ชนิด และมี 223 ชนิดที่สามารถบอกได้แน่ชัดว่าเป็นพืชในสกุลนี้อย่างแน่นอน ลักษณะที่ทำให้จำแนกได้ว่าเป็น *Araucarioxylon* คือ การมี radial pitting แบบ araucarian, มีเซลล์เรย์ส่วนใหญ่เป็นแบบ uniseriate, ไม่มีหรือมีลวดลายบนผนังของ tracheid ในด้านภาคการตัดขนานเส้นสัมผัสสั้น, 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% ของชนิดพันธุ์นี้มีอายุในช่วงเพอร์เมียน และ 7% อยู่ในช่วงจูแรสซิก (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 14 จำนวนชนิดที่พบเมื่อเทียบกับเวลาของไม้กลายเป็นหินสกุล *Araucarioxylon* (สี่เหลี่ยมข้าวหลามตัด), *Dadoxylon* (สี่เหลี่ยมจัตุรัส) และ *Agathoxylon* (สามเหลี่ยม) (Philippe, 2011)

Philippe et al. (2013) กล่าวว่า *Xenoxylon* เป็นตัวบ่งชี้สภาพภูมิอากาศคล้ายกับไทกา (boreal climate) ซึ่งเป็นป่าสน เมื่อถึงฤดูร้อนสภาพป่าจะค่อนข้างเปียกชื้น การกระจายตัวของ *Xenoxylon* นั้นเป็นที่น่าสนใจอย่างมากในการศึกษาสภาพภูมิอากาศบรรพกาล (palaeoclimatology) ในปัจจุบันมีซากดึกดำบรรพ์พืชไม่น้อยกว่า 31 ชนิดที่ถูกเสนอว่าเป็นสกุลที่มีความสำคัญในเชิงนิเวศวิทยาบรรพกาล (palaeoecological) และภูมิศาสตร์ชีววิทยาบรรพกาล (palaeobiogeographical)

Oh et al. (2015) พบว่าการกระจายของ *Xenoxylon* ถูกจำกัดอยู่แค่บริเวณลอเรเชีย (Laurasia) (ภาพที่ 15) โดยอยู่ในช่วงละติจูดบรรพกาลระดับสูงทางซีกโลกเหนือและจะมีการกระจายไปทางใต้ในช่วงที่มีอากาศเย็นเท่านั้น



ภาพที่ 15 ความหลากหลายทางพันธุกรรมของสกุล Xenoxylon ในช่วงมหายุคมีโซโซอิก ตัวย่อ: LT, Late Triassic; EMJ, Early ถึง Middle Jurassic; LJEK, Late Jurassic ถึง Early Cretaceous; LK, Late Cretaceous (Oh et al., 2015)

2.6.3 ไม้กลายเป็นหินมหายุคมีโซโซอิกในประเทศไทยและทวีปเอเชีย

Asama (1973) รายงานว่าพบซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินยุคจูแรสซิก หมวดหินภูกระดึง ที่อำเภอภูผินารายณ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยได้ค้นพบ *Araucarioxylon* sp. ซึ่งเป็นพืชเมล็ดเปลือยวงศ์สนฉัตร

Philippe et al. (2004) สืบค้นไม้กลายเป็นหินจากหลายแห่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ในกลุ่มหินโคราช บริเวณใกล้เคียงกับจังหวัดอุดรธานี อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ และในเทือกเขาภูพานโดยเฉพาะบริเวณอำเภอเขาวง การวิเคราะห์ทางกายวิภาคศาสตร์พบไม้กลายเป็นหินบางตัวอย่างมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับชนิดพันธุ์ 4 ชนิดจากหลายประเทศ คือ *Araucarioxylon saravanensis* ถูกบรรยายลักษณะโดย Vozenin-Serra และ Privé-Gill ในปี 1989 จากสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว *Brachyoxydon boureau* จากฐานข้อมูล Grès Supérieurs ของประเทศกัมพูชา นอกจากนี้ 2 ชนิดที่กล่าวมาข้างต้นยังพบตัวอย่างที่มีลักษณะที่ใกล้เคียงกับพืช 2 ชนิดพันธุ์ คือ *Brachyoxydon orientale* และ *Dadoxylon (Araucarioxylon) japonicum* ซึ่งไม่สามารถบ่งชี้ว่าเป็น *Protopodocarpoxylon* ได้ จึงกำหนดให้เป็น *Brachyoxydon*

Poosongsee (2014) ศึกษากายวิภาคศาสตร์ไม้กลายเป็นหินจำนวน 4 ตัวอย่าง จากหมวดหินภูกระดึงของกลุ่มหินโคราช ซึ่งมีอายุอยู่ในยุคจูแรสสิกตอนปลาย-ครีเทเชียสตอนต้น โดยตัวอย่างจากแหล่งไม้กลายเป็นหินภูป้อ อำเภอคำม่วง จังหวัดกาฬสินธุ์ พบไม้กลายเป็นหิน 2 สกุล คือ *Ginkgoxylon* และ *Lhassoxylon* สันนิษฐานว่าพื้นที่ดังกล่าวเคยมีพืชทั้ง 2 สกุลกระจายพันธุ์อยู่ ซึ่งพืชทั้งสองสกุลเป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาพภูมิอากาศแบบอบอุ่น

Tian et al. (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



บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

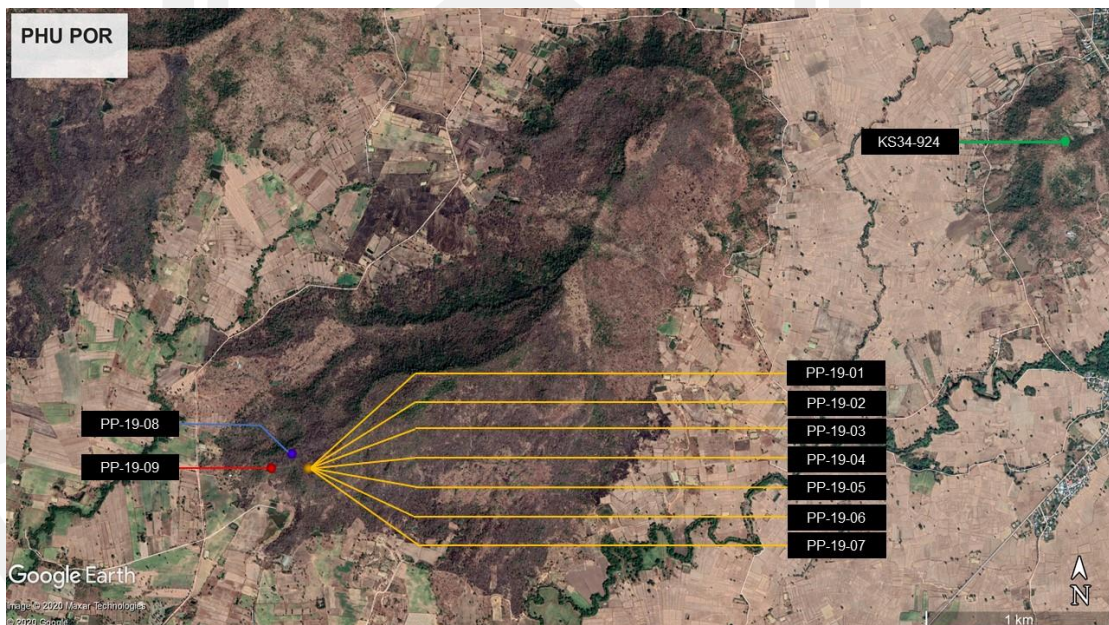
3.1 ภาคสนาม

เก็บตัวอย่างไม้กลายเป็นหินจากแหล่งไม้กลายเป็นหินรูปทรงแปดเหลี่ยมทั้งหมด 7 ตำแหน่ง โดยเลือกเก็บตัวอย่างที่ไม่มีการเคลื่อนย้ายไปตามผลกระทบจากธรรมชาติ (ภาพที่ 16) คือ ตำแหน่งที่ 1 (ภาพที่ 23) จากจุดศึกษาเส้นทางธรรมชาติรูปทรงแปดเหลี่ยมที่ 3 ไม้กลายเป็นหินความยาวประมาณ 2.3 เมตร กว้างประมาณ 0.8 – 0.9 เมตร ตำแหน่งที่ 2 – 8 (ภาพที่ 17 – 22) ไม้กลายเป็นหินความยาวประมาณ 6, 5, 6, 5, 4 และ 2 เมตร ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในจุดเส้นทางศึกษาธรรมชาติชั้นที่ 4 เช่นเดียวกับ อยู่ห่างจากจุดศึกษาเส้นทางธรรมชาติรูปทรงแปดเหลี่ยมที่ 3 ประมาณ 50 เมตร เป็นตำแหน่งที่มีไม้กลายเป็นหินวางเป็นแนวยาวเรียงอยู่ 6 ต้น กระจัดกระจาย และไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน รวมถึงยังมีตัวอย่างที่ไม่สามารถระบุตำแหน่งได้อีกจำนวน 3 ตัวอย่าง นอกจากนี้ยังมีตัวอย่างที่สามารถระบุตำแหน่งได้ชัดเจนอีก 1 ตัวอย่าง และที่ไม่สามารถระบุตำแหน่งได้อีก 2 ตัวอย่าง จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภู่น้อย ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเก็บตัวอย่างจากไม้กลายเป็นหินจากตัวอย่างที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ (in-situ) และทราบตำแหน่งที่มาแน่ชัด ทั้งหมด 8 ตำแหน่งที่กล่าวมาก่อนแล้วข้างต้น ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ไม้กลายเป็นหินที่ใช้ในการศึกษา

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

หมายเลขตัวอย่าง	ตำแหน่ง	ความยาว (เมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (เมตร)	พิกัด
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 16 แหล่งซากดึกดำบรรพ์ปูและกุน้อย, ประเทศไทย. 16°55'42.16"N, 103°42'03.38"W, ความสูงระดับสายตา 5.36 กม. (ดัดแปลงจาก: Google Earth Pro (2020))



ภาพที่ 17 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-1



ภาพที่ 18 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-2



ภาพที่ 19 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-3



ภาพที่ 20 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-4



ภาพที่ 21 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-5



ภาพที่ 22 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-6



ภาพที่ 23 ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินหมายเลข PP-19-9

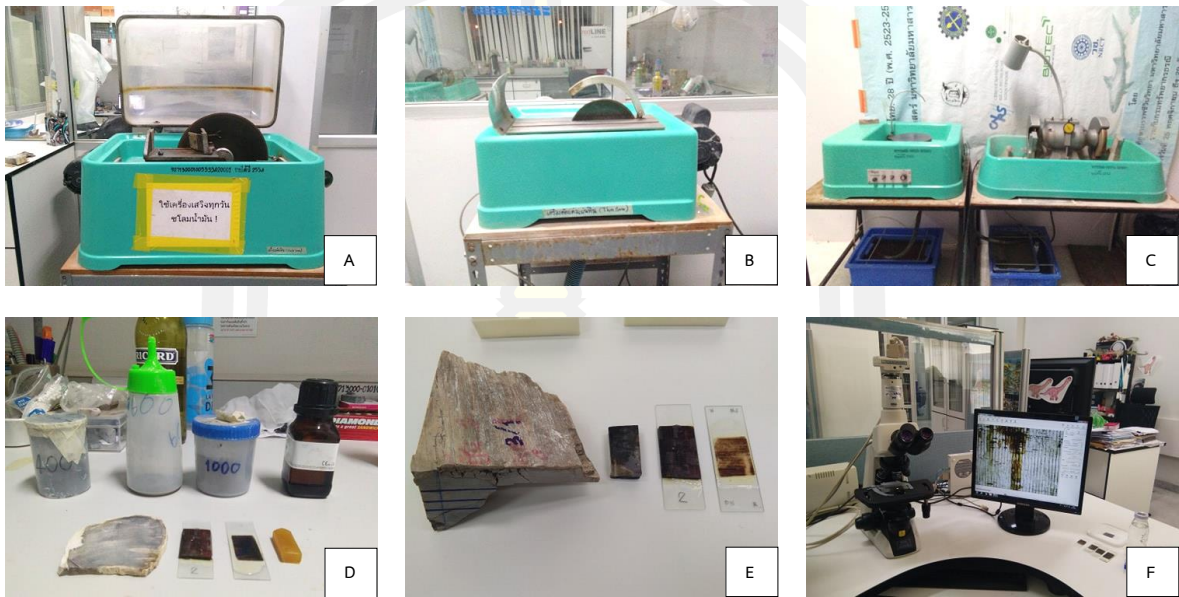
3.2 ห้องปฏิบัติการ

3.2.1 การเตรียมสไลด์ไม้กลายเป็นหิน

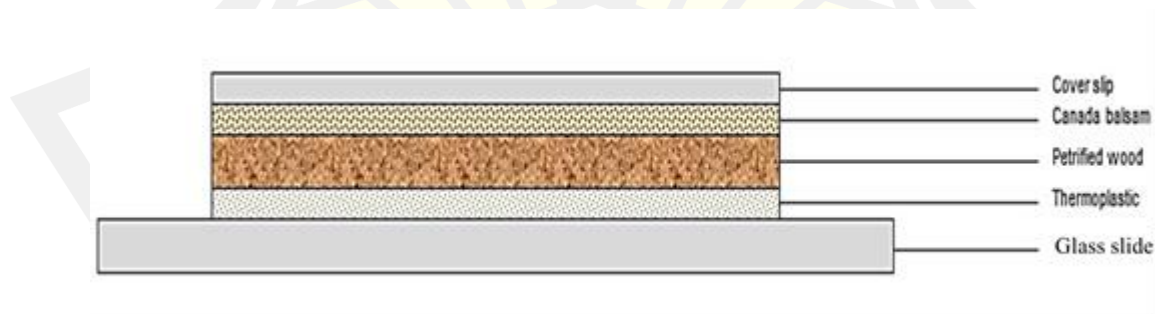
การเตรียมสไลด์ไม้กลายเป็นหินในห้องปฏิบัติการเพื่อนำไปศึกษาด้วยวิธีกายวิภาคศาสตร์ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (ภาพที่ 24F) จะใช้วิธีการที่เรียกว่าการทำแผ่นหินบาง (thin section) หรือวิธีศิลาวรรณนา (Petrographic analysis) (ภาพที่ 26) ซึ่งเป็นเทคนิคเดียวกันกับที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางธรณีวิทยา โดยเริ่มจากการตัดตัวอย่างไม้กลายเป็นหินให้ได้ด้านที่ถูกต้องทั้งหมด 3 ด้าน คือ ด้านตัดขวาง ด้านรัศมี และด้านสัมผัส (ภาพที่ 2) ในขั้นตอนนี้จะตัดในด้านตัดขวางก่อน จะทำให้เห็นเรย์ชัดเจน จากนั้นจึงตัดในด้านรัศมี และด้านสัมผัสตามลำดับ

ตัวอย่างที่นำมาจากภาคสนามนั้นมีชิ้นที่ใหญ่เกินไป ในขั้นแรกจึงต้องนำไปตัดให้เป็นชิ้นเล็กลงด้วยเครื่องตัดหินใหญ่ (ภาพที่ 24A) จากนั้นจึงนำไปตัดให้ได้ด้านของไม้เพื่อให้เป็นชิ้นเล็กที่มีขนาดพอดีกับแผ่นสไลด์ (ขนาดแผ่นสไลด์ 25.4 x 76.2 มิลลิเมตร) (ภาพที่ 24E) ด้วยเครื่องตัดหินบาง (ภาพที่ 24B) แล้วขัดหน้าของไม้กลายเป็นหินให้เรียบด้วยซิลิกอนคาร์ไบด์ (silicon carbide) (ภาพที่ 3.9D) ขนาด 400 600 และ 1,000 ไมครอน ตามลำดับ ในขั้นตอนนี้จะรวมไปถึงการขัดแผ่นสไลด์ด้วยซิลิกอนคาร์ไบด์ขนาด 400 ไมครอนด้วย การขัดแผ่นสไลด์ด้วยนั้นจะทำให้ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินกับแผ่นสไลด์ยึดเกาะกันได้ดียิ่งขึ้น ในขั้นตอนการฉีกด้วยเทอร์โมพลาสติก ตัวอย่างที่ฉีกบนแผ่นสไลด์แล้วนั้นจะทิ้งไว้ให้แห้งอย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อให้กาวแห้งสนิทแล้วจึงฉีกด้วยเครื่องฉีก (ภาพที่ 24C) ให้ได้ความบาง ≤ 0.1 มิลลิเมตร ในส่วนของการปิดกระจกปิดสไลด์นั้นจะใช้กระจกหลายขนาดโดยขึ้นอยู่กับตัวอย่างของไม้กลายเป็นหิน โดยใช้แคนาดาบัลซัม (canada

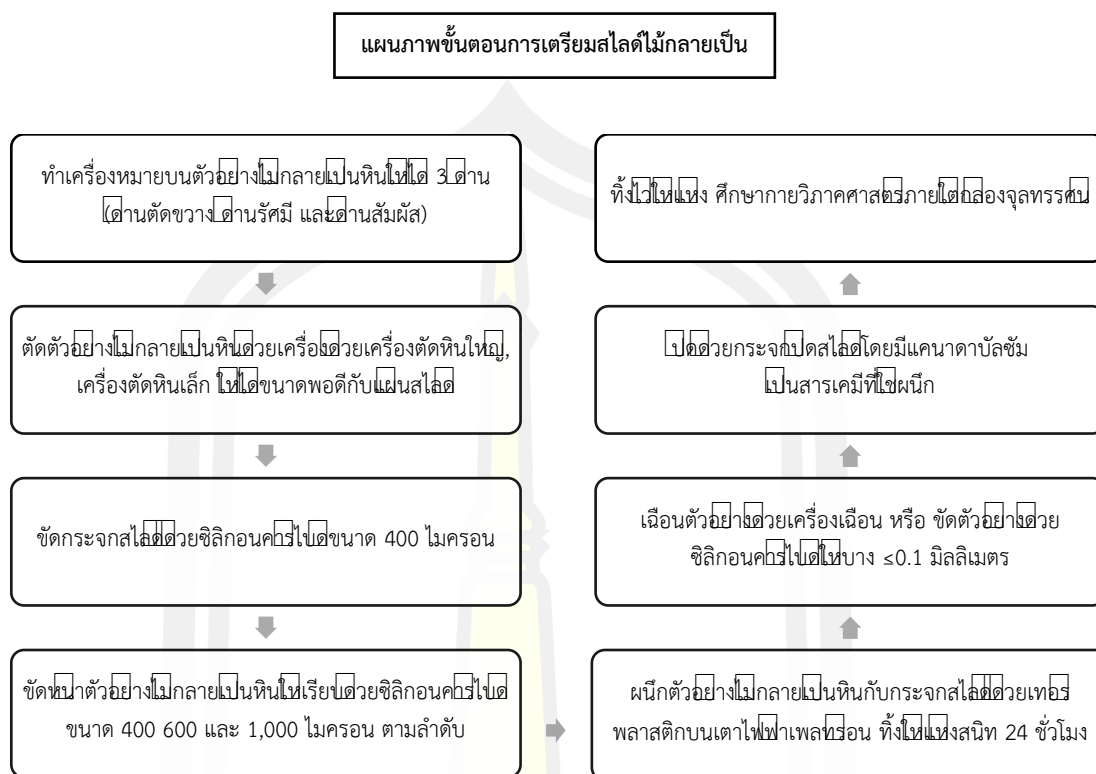
balsum) เป็นตัวปิดผนึก เมื่อเสร็จสิ้นทุกขั้นตอนตามวิธีการตัดแผ่นบาง แผ่นสไลด์ตัวอย่างที่ได้จะมีจำนวนทั้งหมด 5 ชั้น คือ กระจกสไลด์ เทอร์โมพลาสติก ตัวอย่างไม้กลายเป็นหิน สารเคมีติดกระจกสไลด์ (canada balsam) และกระจกปิดสไลด์ ตามลำดับ (ภาพที่ 25)



ภาพที่ 24 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในปฏิบัติการไม้กลายเป็นหิน A. เครื่องตัดหินใหญ่, B. เครื่องตัดหินเล็ก, C. (ซ้าย) เครื่องขัดหิน และ (ขวา) เครื่องแฉลบ, D. ผงซิลิกอนคาร์ไบด์ แคนาดาบัลซัม และ เทอร์โมพลาสติก, E. ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินที่กำหนดแนวตัดไว้แล้ว และที่ตัดให้มีขนาดเท่ากับแผ่นสไลด์, E. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง



ภาพที่ 25 แผนภาพแสดงตัวอย่างจำนวนชั้นของสไลด์ไม้กลายเป็นหิน

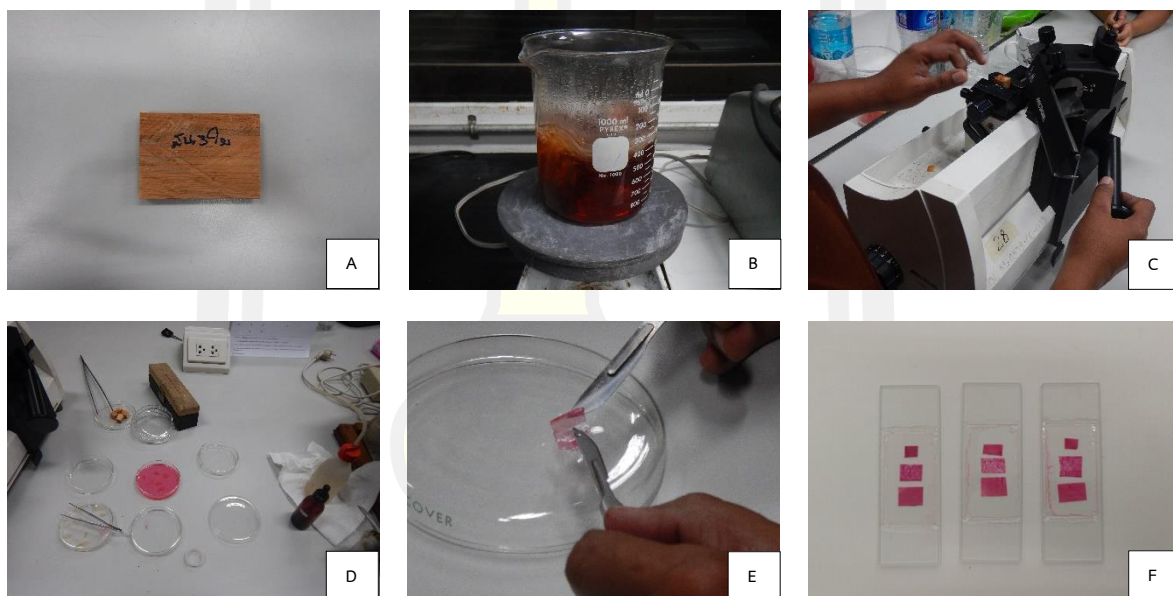


ภาพที่ 26 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมสไลด์ไม้กลายเป็นหิน

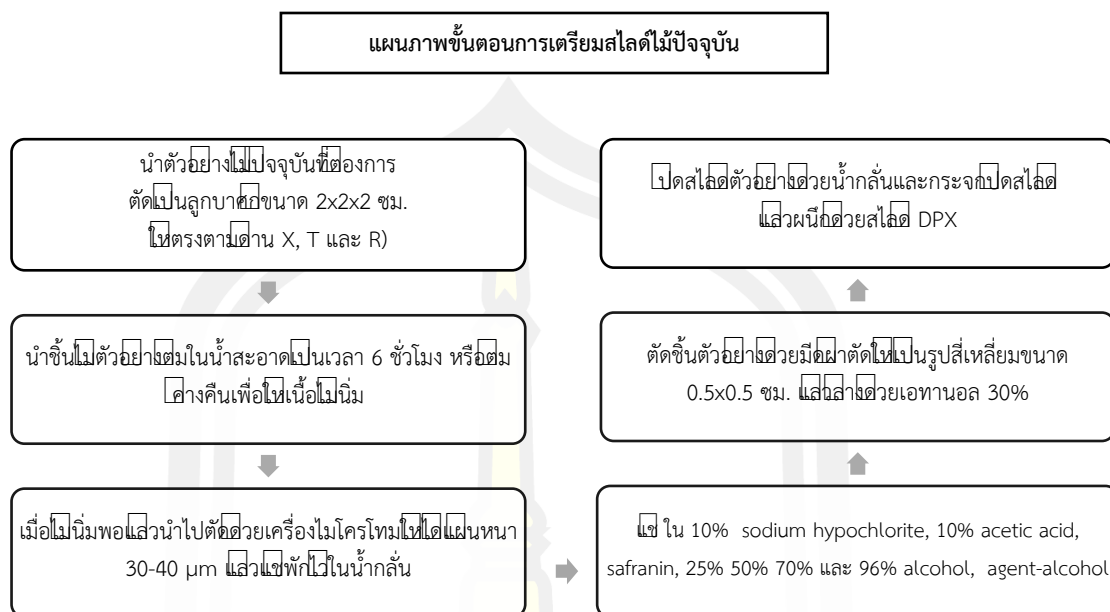
3.2.2 การเตรียมสไลด์ไม้ปัจจุบัน

ในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ของไม้กลายเป็นหินนั้นจำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบกับพืชที่มีสายวิวัฒนาการที่ใกล้เคียงกันกับพืชในปัจจุบันเพื่อดูความแตกต่างของลักษณะของท่อลำเลียงต่าง ๆ ภายในเนื้อเยื่อพืช ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่ในการทำปฏิบัติการ ณ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ ขั้นตอนและวิธีการเตรียมสไลด์พืชปัจจุบัน (ภาพที่ 28) เริ่มจากตัดตัวอย่างไม้ให้ได้ด้านที่ถูกต้องทั้ง 3 ด้าน (ด้านตัดขวาง ด้านรัศมี และด้านสัมผัส) ด้วยมีด หรือผ่าให้เป็นลูกบาศก์ขนาด 2x2x2 เซนติเมตร (ภาพที่ 27A) จากนั้นนำไปต้มในน้ำสะอาด ขั้นตอนนี้ควรต้มไม้ไว้อย่างน้อย 6 ชั่วโมง หรือต้มทิ้งไว้ค้างคืน หรือจนกว่าไม้จะนิ่ม (ภาพที่ 27B) การตัดตัวอย่างไม้จะตัดด้วยเครื่องไมโครโทม (Microtome) รุ่น MICROM HM 430 โดยปรับระดับความหนาของชิ้นตัวอย่างให้ได้ 30 – 40 μm (ภาพที่ 27C) ในการตัดเนื้อไม้ควรตัดขณะที่ชิ้นตัวอย่างยังร้อนจัดอยู่จะตัดได้ง่ายกว่า 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 27D) เมื่อแช่ตัวอย่างในแอลกอฮอล์ทุกความเข้มข้นเสร็จแล้วจึงนำไปล้างออกด้วย agent-alcohol 2 – 3 นาที แล้วจึงติดสไลด์ด้วยกระจกปิดสไลด์ผืนกโดยใช้ DPX ในขั้นตอนสุดท้าย (Jansen et al., 1998)



ภาพที่ 27 ขั้นตอน อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในปฏิบัติการไม้ปัจจุบัน A. ตัวอย่างไม้, B. ตัวอย่างไม้ ต้มในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิร้อนจัด, C. ตัดตัวอย่างไม้ด้วยเครื่องมือโครโทมรุ่น MICROM HM 430, D. ชิ้นตัวอย่างไม้ที่ตัดแล้วแช่ด้วยสีซาฟรานิน, E. เลือกชิ้นตัวอย่างที่สมบูรณ์ และตัดให้ได้ขนาดประมาณ 0.5x0.5 ซม. F. สไลด์ไม้ที่ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์แล้ว



ภาพที่ 28 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมสไลด์ไม้ปัจจุบัน

3.2.3 การจำแนกไม้กลายเป็นหิน

นำแผ่นสไลด์ศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (compound light microscope; LM) และกล้องสเตอริโอ (stereo microscope) วิเคราะห์ตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ และศูนย์วิจัยและการศึกษาบรรพชีวินวิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ในการศึกษาทางกายวิภาคศาสตร์ครั้งนี้ใช้รูปวิธาน (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. เซลล์เทรคิต หน่วยเป็นไมโครเมตร แบ่งเป็น 3 ขนาด คือ สั้น (น้อยกว่า 3000 μm), กลาง (3000 – 5000 μm) และ ยาว (มากกว่า 5000 μm)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 คำบรรยายลักษณะไม้กลายเป็นหิน

4.1.1 PP-17-1

ชั้น: Gymnospermae

คำบรรยายลักษณะ:

ภาคการตัดตามขวาง: วงปีชัดเจน เซลล์เทอร์คิตผนังบาง (ความหนาของผนังเซลล์ 6.8 μm)
รูปร่างกลมถึงรูปไข่ ไม่พบ axial parenchyma ไม่พบท่อน้ำยาง (ภาพที่ 29A)

ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัส: เซลล์เรย์มี 1-seriate (ภาพที่ 29C) ประกอบไปด้วยเซลล์
พาเรงคิมา ความยาวเซลล์เรย์ 39.7 – 377.0 μm (เฉลี่ย 168.2 μm) จำนวนเซลล์เรย์ 5 – 25 เซลล์
(เฉลี่ย 10 เซลล์) รูปร่างกลมหรือรี ขอบเซลล์ในแนวขวางของเรย์พาเรงคิมาเป็นแบบเรียบ ควากล้าง
เซลล์เทอร์คิต 21.7 – 37.9 μm (เฉลี่ย 30.7 μm) ไม่พบ axial parenchyma

ภาคการตัดตามแนวรัศมี: ไม่เห็นรายละเอียดลักษณะทางกายวิภาคของไม้กลายเป็นหิน จึง
ไม่สามารถระบุได้

หมายเหตุ: รายละเอียดทางกายวิภาคของไม้กลายเป็นหิน ขึ้นอยู่กับแร่ธาตุที่เข้าไปแทรกใน
เนื้อไม้ ในตัวอย่างหมายเลข PP-17-1 นี้ ไม่สามารถเห็นรายละเอียดในภาคการตัดตามแนวรัศมี จึงไม่
สามารถจำแนกได้ว่าเป็นพืชเมล็ดเปลือยในสกุลใด เนื่องจากในการจำแนกพืชเมล็ดเปลือยนั้นจะให้
ด้านนี้ภาคการตัดตามแนวรัศมีเป็นหลักในการระบุเอกลักษณ์

4.1.2 PP-17-2

ชั้น: Gymnospermae

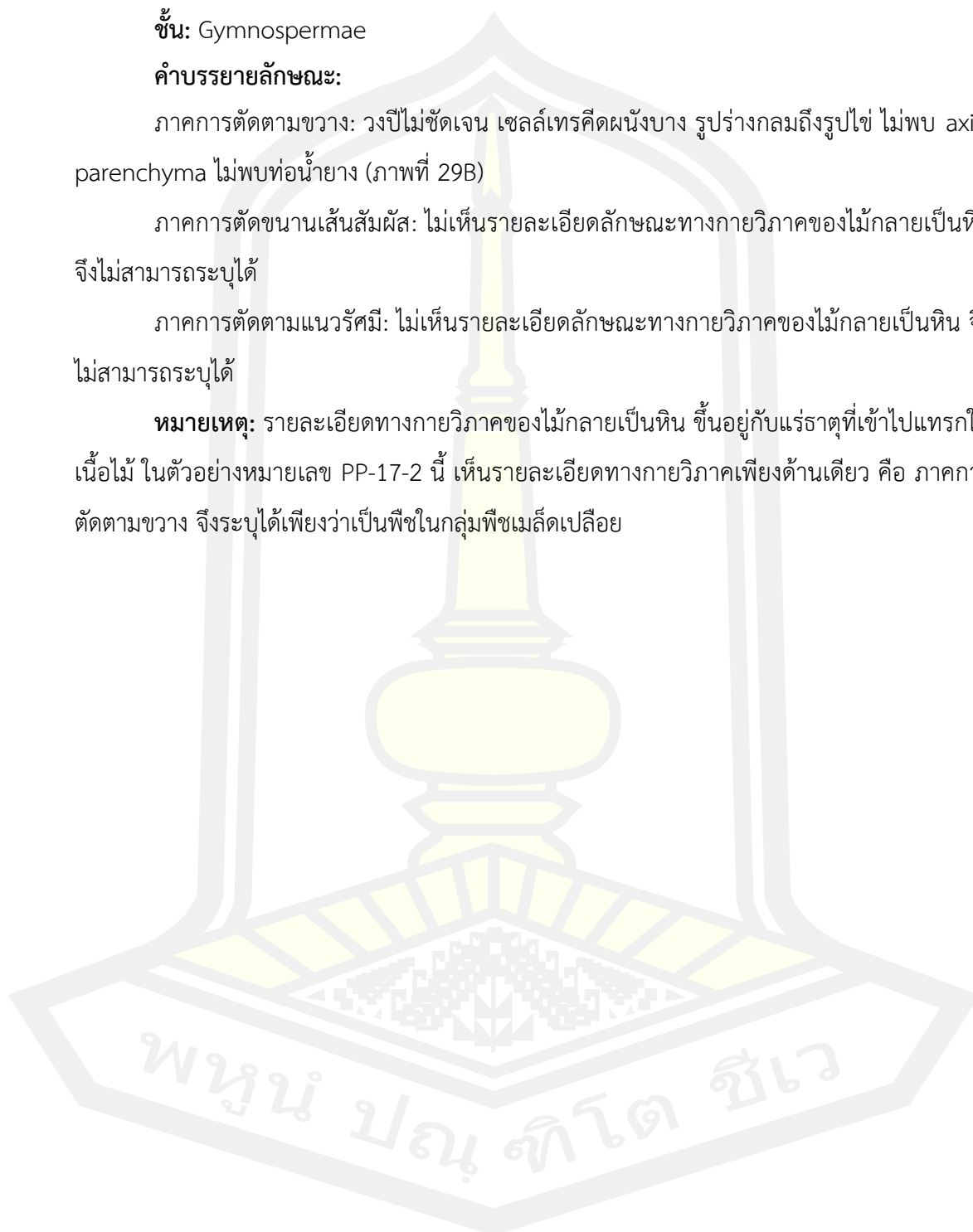
คำบรรยายลักษณะ:

ภาคการตัดตามขวาง: วงปีไม่ชัดเจน เซลล์เทรคิตผนังบาง รูปร่างกลมถึงรูปไข่ ไม่พบ axial parenchyma ไม่พบท่อน้ำยาง (ภาพที่ 29B)

ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัส: ไม่เห็นรายละเอียดลักษณะทางกายวิภาคของไม้กลายเป็นหิน จึงไม่สามารถระบุได้

ภาคการตัดตามแนวรัศมี: ไม่เห็นรายละเอียดลักษณะทางกายวิภาคของไม้กลายเป็นหิน จึงไม่สามารถระบุได้

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



4.1.3 PP-17-3

ชั้น: Gymnospermae

วงศ์: ARUCARIACEAE

สกุล: cf. *Agathoxylon* Hartig

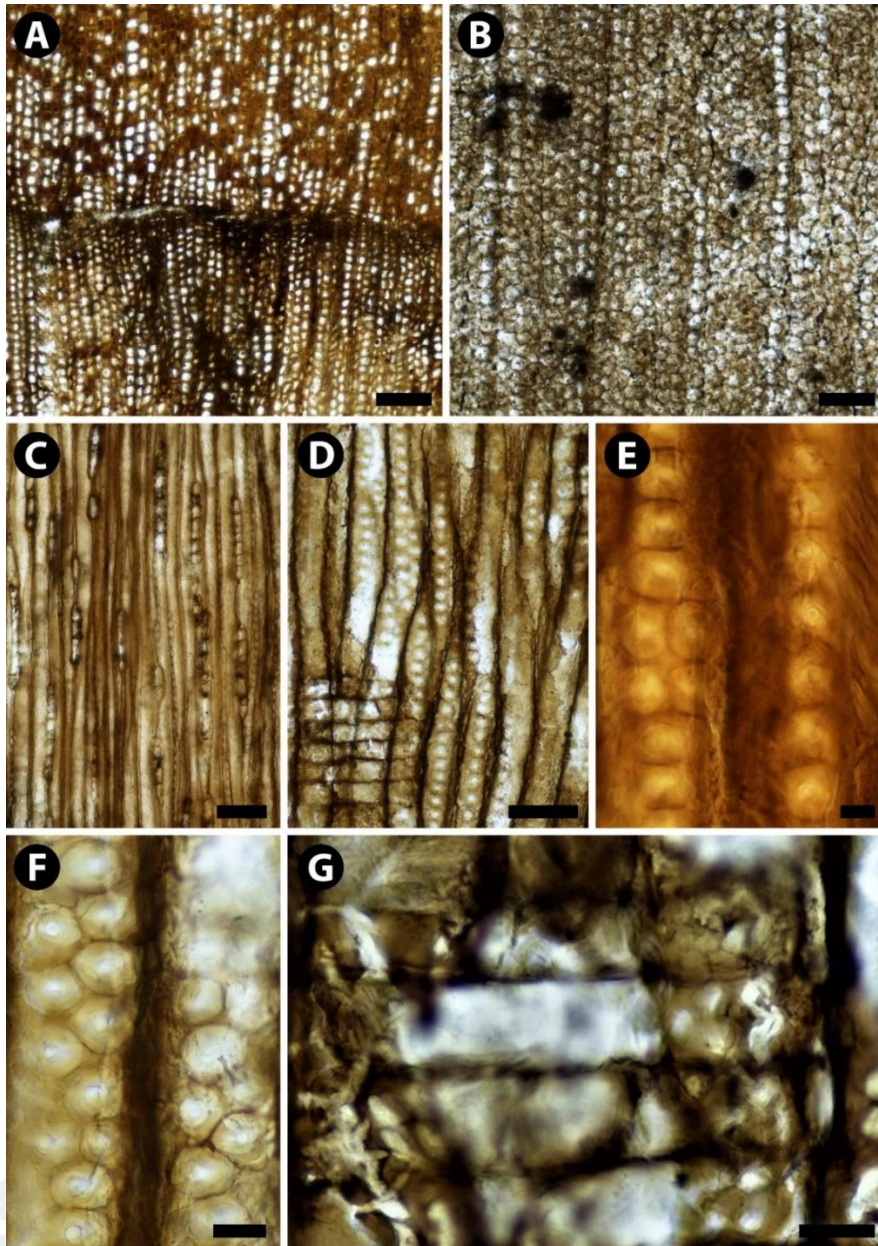
คำบรรยายลักษณะ:

ภาคการตัดตามขวาง: ไม่เห็นรายละเอียดของกายวิภาคไม้กลายเป็นหิน เนื่องจากกระบวนการกลายเป็นซากดึกดำบรรพ์

ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัส: ไม่เห็นรายละเอียดของกายวิภาคไม้กลายเป็นหิน เนื่องจากกระบวนการกลายเป็นซากดึกดำบรรพ์

ภาคการตัดตามแนวรัศมี: หลุมผนังเซลล์มี 1 – 2 seriate (ภาพที่ 29C, D); 1-seriate รูปร่างกลมถึงรูปไข่ เส้นผ่านศูนย์กลาง 19.9 – 26.5 μm (เฉลี่ย 22.9 μm); 2-seriate เรียงแบบด้านตรงข้ามและเรียงแบบสลับ รูปร่างกลมและรูปร่างหลายเหลี่ยม เส้นผ่านศูนย์กลาง 20.1 – 28.1 μm (เฉลี่ย 22.6 μm) ไม่พบ helical thickenings ในเซลล์เทอร์คิต มี Cross-field pits แบบ araucarioid (ภาพที่ 29E); ปากหลุมผนังเซลล์มีขอบกลมถึงรูปไข่ เรียง 1 – 2 แถว (ส่วนใหญ่ 2 แถว) มี 5 -13 ปากหลุมผนังเซลล์หรือมากกว่า

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



ภาพที่ 29 กายวิภาคของ Gymnosperm (PP-17-1, PP-17-2, PP-17-3) A. ภาคการตัดตามขวาง PP-17-1 แสดงวงปีชัดเจน B. ภาคการตัดตามขวาง PP-17-2 แสดงวงปีไม่ชัดเจน C. ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัส PP-17-1 แสดงเซลล์เรย์แบบ 1-seriate D. ภาคการตัดตามแนวรัศมี PP-17-3 แสดงหลุมผนังเซลล์ E. ภาคการตัดตามแนวรัศมี PP-17-3 แสดงหลุมผนังเซลล์ 1-2-seriate และ 1-seriate F. ภาคการตัดตามแนวรัศมี PP-17-3 แสดงหลุมผนังเซลล์ 2-seriate รูปร่างหลายเหลี่ยมเรียงสลับ G. ภาคการตัดตามแนวรัศมี PP-17-3 แสดง cross-field pits แบบ araucarioid ขนานสเกล: A, B = 200 μm ; C, D = 100 μm ; E = 50 μm ; F, G = 20 μm

4.1.4 PP-19-1

ชั้น: Gymnospermae

วงศ์: ARUCARIACEAE

สกุล: *Agathoxylon* Hartig

ชนิด: *Agathoxylon* sp.

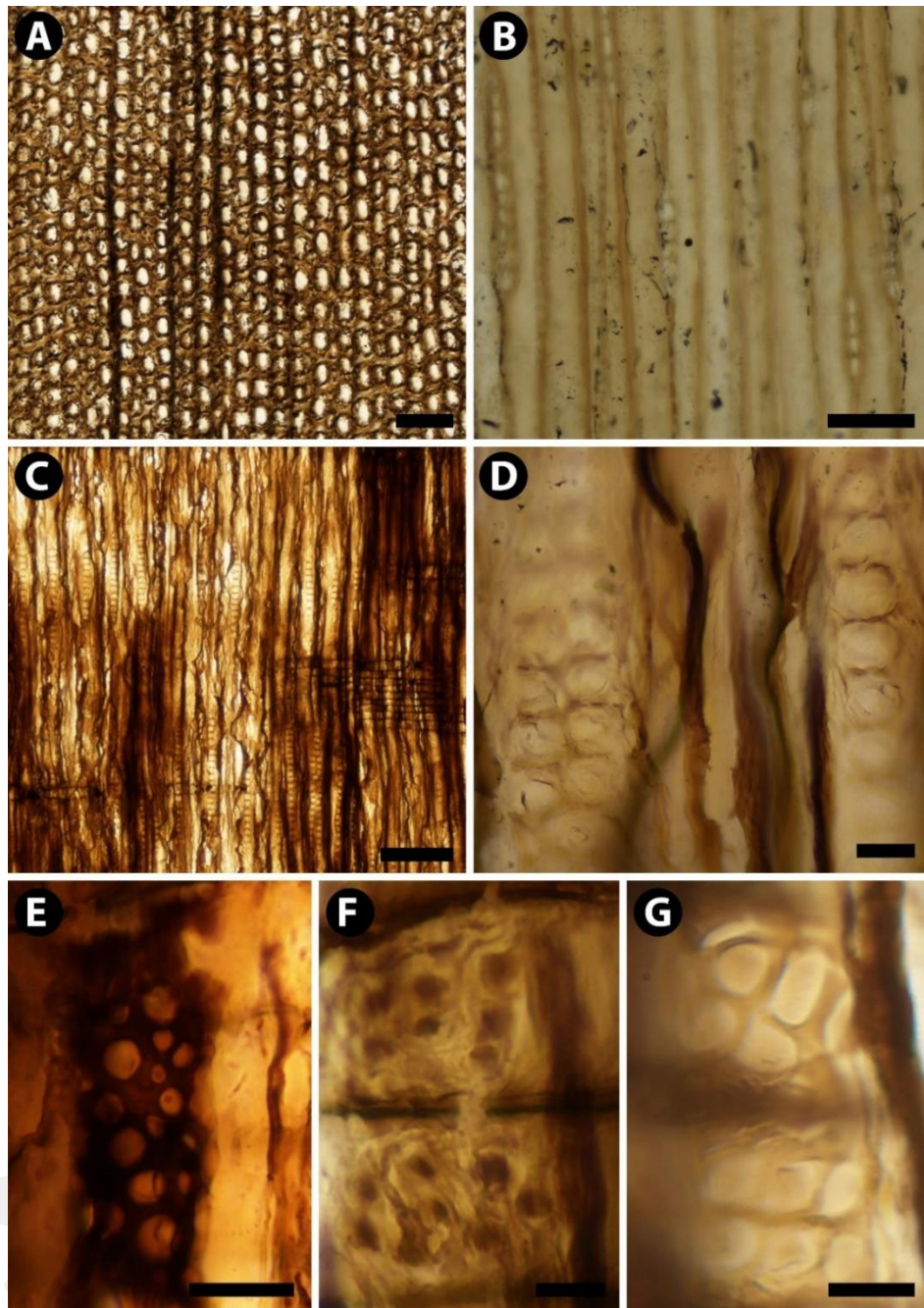
คำบรรยายลักษณะ:

ภาคการตัดตามขวาง: วงปีไม้ชัดเจน (ภาพที่ 30A) เซลล์เทรคิตผนังบาง (ความหนาของผนังเซลล์เฉลี่ย 11.7 μm) รูปร่างกลมถึงรูปไข่ ไม่พบ axial parenchyma ไม่พบท่อน้ำยางและคริสตัล

ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัส: เซลล์เรย์มี 1-seriate (ภาพที่ 30B) ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา ความยาวเซลล์เรย์ 52.2 – 283.7 μm (เฉลี่ย 141.7 μm) จำนวนเซลล์เรย์ 5 – 12 เซลล์ (เฉลี่ย 8 เซลล์) รูปร่างกลมหรือรี ขอบเซลล์ในแนวขวางของเรย์พาเรงคิมาเป็นแบบเรียบ ความกว้างเซลล์เทรคิต 26.5 – 47.2 μm (เฉลี่ย 38.6 μm) ไม่พบ axial parenchyma

ภาคการตัดตามแนวรัศมี: หลุมผนังเซลล์มี 1 และ 2-seriate (ภาพที่ 30C, D) รูปร่างกลมถึงรูปไข่ เส้นผ่านศูนย์กลาง 15.3 – 21 μm (เฉลี่ย 18.1 μm); 2-seriate หลุมผนังเซลล์เรียงตรงข้าม ไม่พบ helical thickenings ในเซลล์เทรคิต มี Cross-field pits แบบ araucarioid (ภาพที่ 30F, G); ปากหลุมผนังเซลล์มีขอบกลมถึงรูปไข่ เรียง 1 – 3 แถว (ส่วนใหญ่ 2 แถว) มี 5 – 12 ปากหลุมผนังเซลล์ (เฉลี่ย 8 ปากหลุมผนังเซลล์)

หมายเหตุ: พบลักษณะของฟองอากาศในไม้กลายเป็นหิน (ภาพที่ 30E) คาดว่าเกิดจากสารประกอบอินทรีย์ระเหยประเภท volatile aromatic compounds ที่เกิดขึ้นเมื่อมีความร้อนและทำให้เกิดแก๊ส ส่งผลให้มีฟองอากาศ พบได้ทั่วไปในซากดึกดำบรรพ์ไม้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการแทนที่ของไม้กลายเป็นหินด้วยแร่เกิดขึ้นช้า หลังจากที่เนื้อไม้เริ่มถูกทำลายด้วยแบคทีเรีย หรือ fungi



ภาพที่ 30 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp. (PP-19-1) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภู
 ปอ A. ภาคการตัดตามขวางแสดงวงปีไม่ชัดเจน B. ภาคตัดขนานเส้นสัมผัสแสดงเซลล์เรย์ 1-seriate
 ปลายเซลล์แบบเรียบ C, D. ภาคตัดตามแนวรัศมีแสดง 1 และ 2-seriate หลุมผนังเซลล์เทรคิรูปร่าง
 กลม; 2-seriate หลุมผนังเซลล์เรียงตรงข้าม E. ฟองอากาศที่เกิดจากสารประกอบอะโรมาติกของ
 น้ำมันในพืช F, G. Cross-field pits แบบ araucarioid ขนาดสเกล: A = 200 μm ; B, C = 100
 μm ; D, E = 20 μm ; F, G = 10 μm .

4.1.5 PP-19-2

ชั้น: Gymnospermae

วงศ์: ARUCARIACEAE

สกุล: *Agathoxylon* Hartig

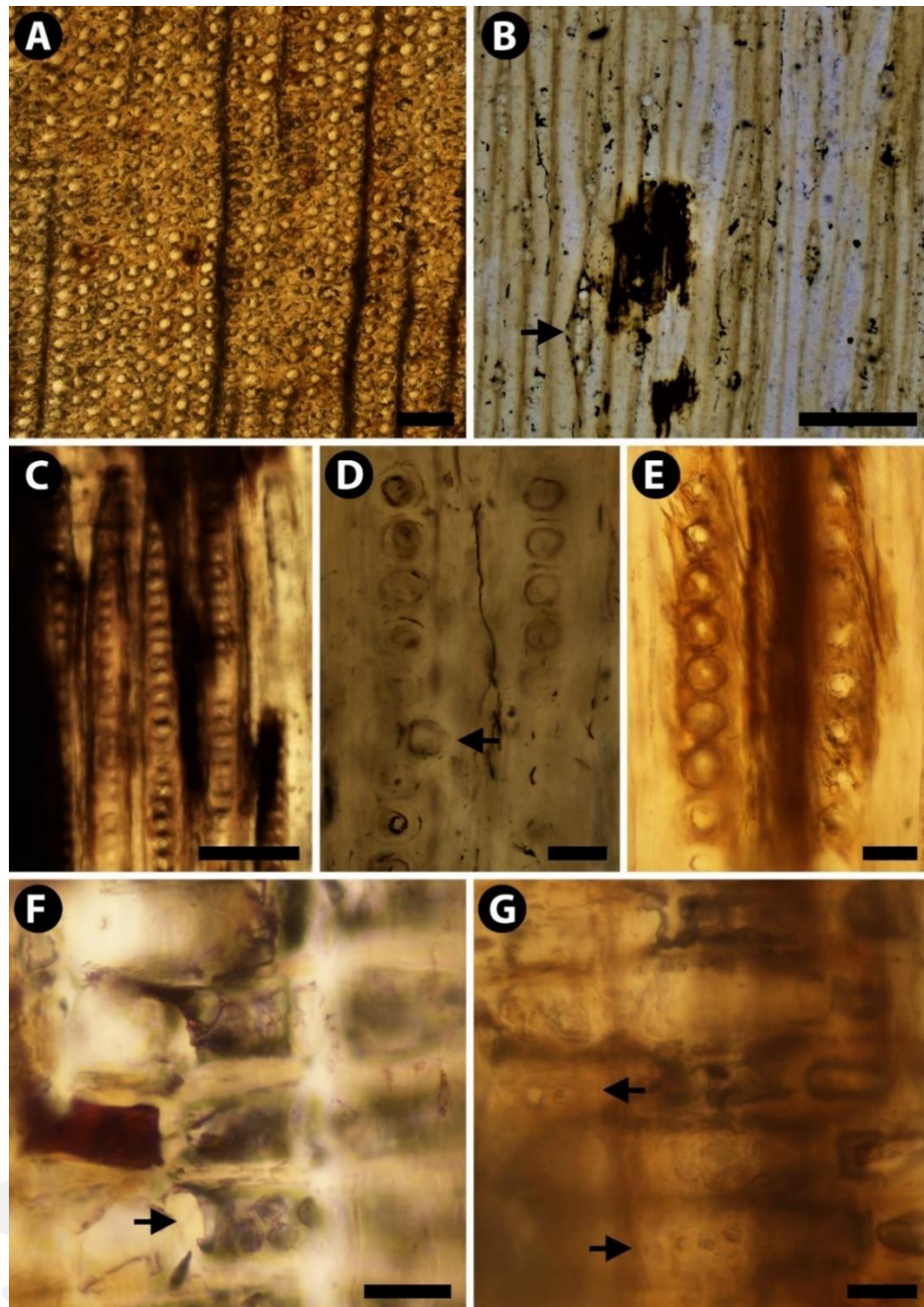
ชนิด: *Agathoxylon* sp.

คำบรรยายลักษณะ:

ภาคการตัดตามขวาง: วงปีไม่ชัดเจน (ภาพที่ 31A) เซลล์เทรคิตผนังบาง (ความกว้างผนังเซลล์เฉลี่ย 11.1 μm) รูปร่างกลมถึงรูปไข่ ไม่พบ axial parenchyma ไม่พบท่อน้ำยางและคริสตัล

ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัส: เซลล์เรย์มี 1-seriate มีน้อยมากที่จะพบ 1-2-seriate (ภาพที่ 4.3B) ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา ความยาวเซลล์เรย์ 66.1 – 577.8 μm (เฉลี่ย 213.2 μm) จำนวนเซลล์เรย์ 1 – 15 เซลล์ (เฉลี่ย 5 เซลล์) รูปร่างกลมหรือรี ขอบเซลล์ในแนวขวางของเซลล์เรย์พาเรงคิมาเป็นแบบเรียบ ความกว้างเซลล์เทรคิต 9.2 – 22 μm (เฉลี่ย 14.7 μm) ไม่พบ axial parenchyma

ภาคการตัดตามแนวรัศมี: หลุมผนังเซลล์มี 1 – 2 seriate พบน้อยมากที่มี 1-2-seriate (ภาพที่ 31D); 1-seriate (ภาพที่ 31C, E) รูปร่างกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 19.0 – 27.9 μm (เฉลี่ย 22.6 μm) ไม่พบ helical thickenings ในเซลล์เทรคิต มี cross-field pits แบบ cupressoid (ภาพที่ 31F, G); ปากหลุมผนังเซลล์รูปไข่ เรียง 1 – 2 แถว เรียงสลับ มี 4 – >6 ปากหลุมผนังเซลล์



ภาพที่ 31 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp. (PP-19-2) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูโป
 ปอ A. ภาคการตัดตามขวางแสดงวงปีไม่ชัดเจน B. ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัสแสดง 1-seriate และ 1-2-seriate (ลูกศร) C. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ D. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-2-seriate (ลูกศร) E. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-seriate F, G. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดง cross-field pits แบบ cupressoid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A = 200 μm ; B, C = 100 μm ; D, E, F, G = 20 μm .

4.1.6 PP-19-3

ชั้น: Gymnospermae

วงศ์: ARUCARIACEAE

สกุล: *Agathoxylon* Hartig

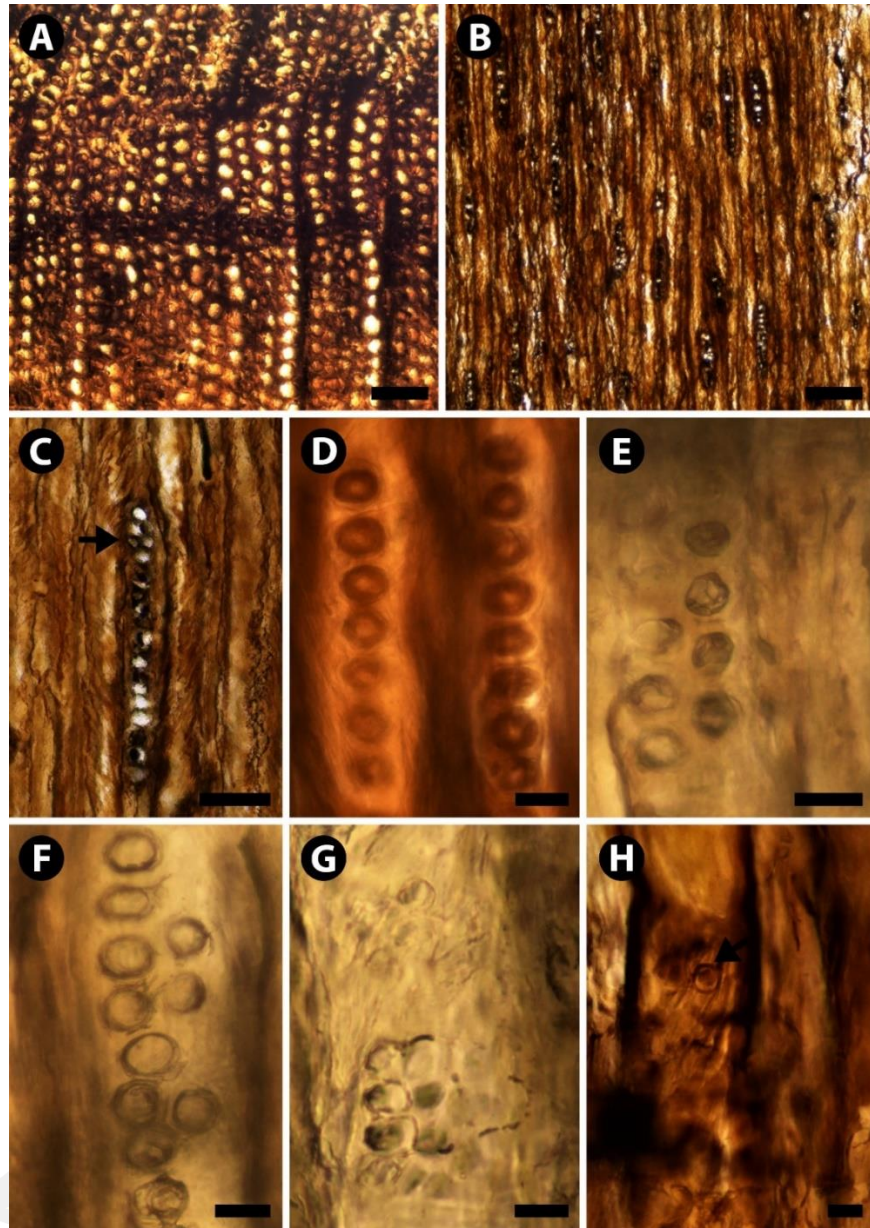
ชนิด: *Agathoxylon* sp.

คำบรรยายลักษณะ:

ภาคการตัดตามขวาง: วงปีชัดเจน (ภาพที่ 32A) เซลล์เทรคิตผนังบาง (ความหนาของผนังเซลล์ 11.4 μm) รูปร่างกลมถึงรูปไข่ ไม่พบ axial parenchyma ไม่พบท่อน้ำยาง

ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัส: เซลล์เรย์มี 1-seriate (ภาพที่ 32B) และ 1-2-seriate (ภาพที่ 4.4C) ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา ความยาวเซลล์เรย์ 81.0 – 392.6 μm (เฉลี่ย 229.7 μm) จำนวนเซลล์เรย์ 2 – 11 เซลล์ (เฉลี่ย 5 เซลล์) รูปร่างกลมหรือรี ขอบเซลล์ในแนวขวางของเรย์พาเรงคิมาเป็นแบบเรียบ ความกว้างเซลล์เทรคิต 41.6 – 67.7 μm (เฉลี่ย 51.5 μm) ไม่พบ axial parenchyma

ภาคการตัดตามแนวรัศมี: หลุมผนังเซลล์มี 1-seriate (ภาพที่ 32D) เส้นผ่านศูนย์กลาง 16.5 – 24.4 μm (เฉลี่ย 20.0 μm), 2-seriate หลุมผนังเซลล์เรียงตรงข้ามและเรียงสลับ (ภาพที่ 32E) และ 1-2-seriate หลุมผนังเซลล์เรียงสลับ (ภาพที่ 32F) ไม่พบ helical thickenings ในเซลล์เทรคิต มี Cross-field pits แบบ araucarioid (ภาพที่ 32G, H); ปากหลุมผนังเซลล์มีขอบกลมถึงรูปไข่ เรียง 2 – 4 แถว เรียงสลับและเรียงตรงข้าม มี 6 – 8 ปากหลุมผนังเซลล์



ภาพที่ 32 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp. (PP-19-3) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหิน
 ปอ A. ภาคการตัดตามขวางแสดงวงปีชัดเจน B. ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัสแสดง 1-seriate และ 1-
 2-seriate C. ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัสแสดง 1-2-seriate (ลูกศร) D. ภาคการตัดตามแนวรัศมี
 แสดงหลุมผนังเซลล์ 1-seriate E. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 2-seriate เรียงสลับ
 F. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-2-seriate เรียงตรงข้าม G, H. ภาคการตัดตาม
 แนวรัศมีแสดง 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.

4.1.7 PP-19-4

ชั้น: Gymnospermae

วงศ์: ARUCARIACEAE

สกุล: *Agathoxylon* Hartig

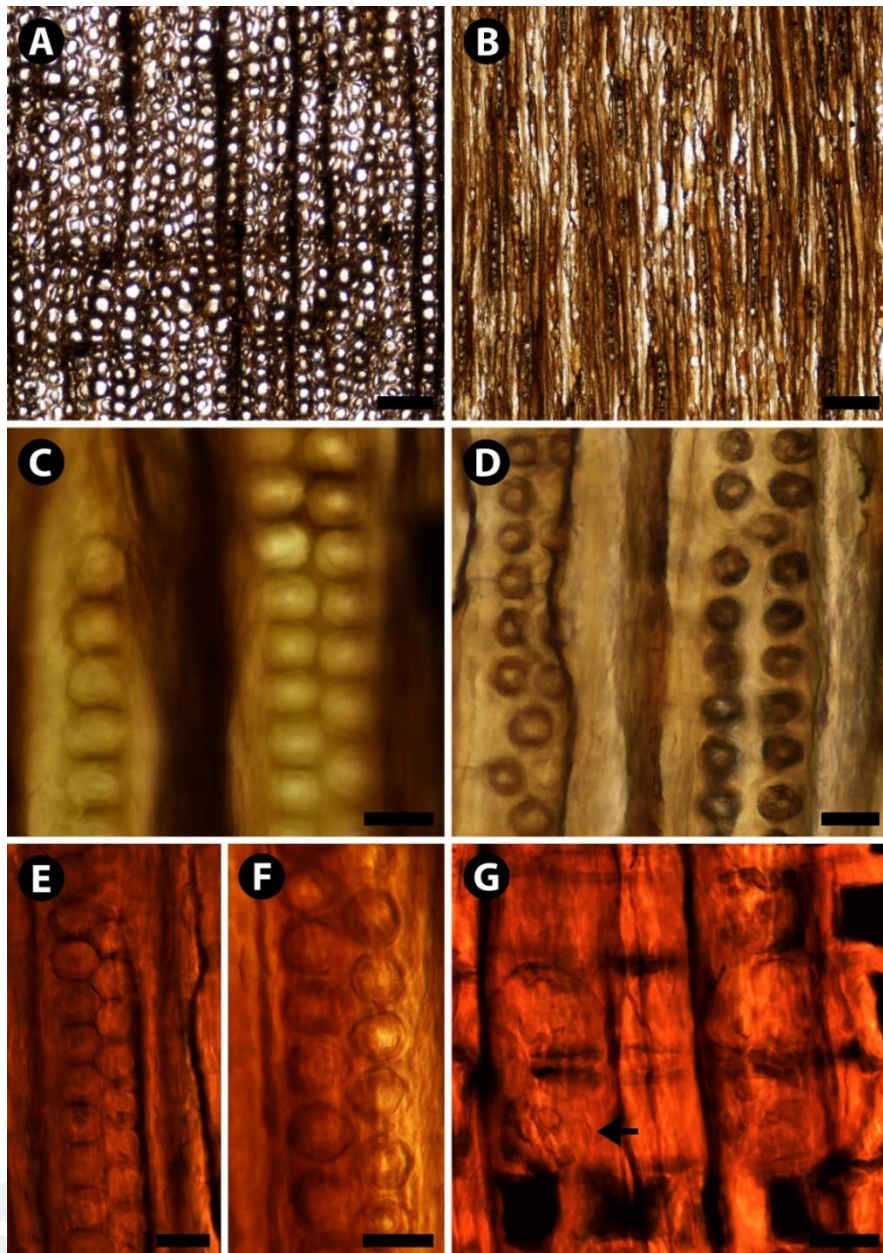
ชนิด: *Agathoxylon* sp.

คำบรรยายลักษณะ:

ภาคการตัดตามขวาง: วงปีชัดเจน (ภาพที่ 33A) เซลล์เทรคิตผนังบาง (ความยาวผนังเซลล์เฉลี่ย 11.1 μm) รูปร่างกลมถึงรูปไข่ ไม่พบ axial parenchyma ไม่พบท่อน้ำยางและคริสตัล

ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัส: เซลล์เรย์มี 1-seriate (ภาพที่ 33B) ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา ความยาวเซลล์เรย์ 71.9 – 979.2 μm (เฉลี่ย 329.4 μm) จำนวนเซลล์เรย์ 2 – 35 เซลล์ (เฉลี่ย 10 เซลล์) รูปร่างรีหรือกลม ขอบเซลล์ในแนวขวางกับเซลล์พาเรงคิมาเป็นแบบเรียบ ความกว้างเซลล์เทรคิต 28.5 – 57.2 μm (เฉลี่ย 43.1 μm) ไม่พบ axial parenchyma

ภาคการตัดตามแนวรัศมี: หลุมผนังเซลล์มี 1 – 2 seriate (ภาพที่ 33C) น้อยมากที่จะพบ 1-2-seriate (ภาพที่ 33D); 1-seriate รูปร่างกลมถึงรูปไข่ เส้นผ่านศูนย์กลาง 15.6 – 19.9 μm (เฉลี่ย 17.6 μm); 2-seriate เส้นผ่านศูนย์กลาง 12.4 – 17.7 μm (เฉลี่ย 15.7 μm) หลุมผนังเซลล์เรียงตรงข้ามและเรียงสลับ รูปร่างกลมถึงรูปไข่และรูปหลายเหลี่ยม (ภาพที่ 33E, F) ไม่พบ helical thickenings ในเซลล์เทรคิต มี cross-field pits แบบ araucarioid (ภาพที่ 33G); ปากหลุมผนังเซลล์รูปไข่ เรียง 2 แถว เรียงสลับมี 4 – 7 ปากหลุมผนังเซลล์



ภาพที่ 33 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp. (PP-19-4) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูโปอ A. ภาคการตัดตามขวางแสดงวงปีชัดเจน B. ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัสแสดง 1-seriate C. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-seriate และ 2-seriate เรียงตรงข้าม D. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-2-seriate เรียงตรงข้าม E. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 2-seriate เรียงสลับรูปร่างหลายเหลี่ยม F. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 2-seriate เรียงสลับรูปร่างกลมถึงรูปไข่ G. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดง cross-field pits แบบ araucarioid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A และ B = 200 μ m; C, D, E, F และ G = 20 μ m.

4.1.8 PP-19-5

ชั้น: Gymnospermae

วงศ์: ARUCARIACEAE

สกุล: *Agathoxylon* Hartig

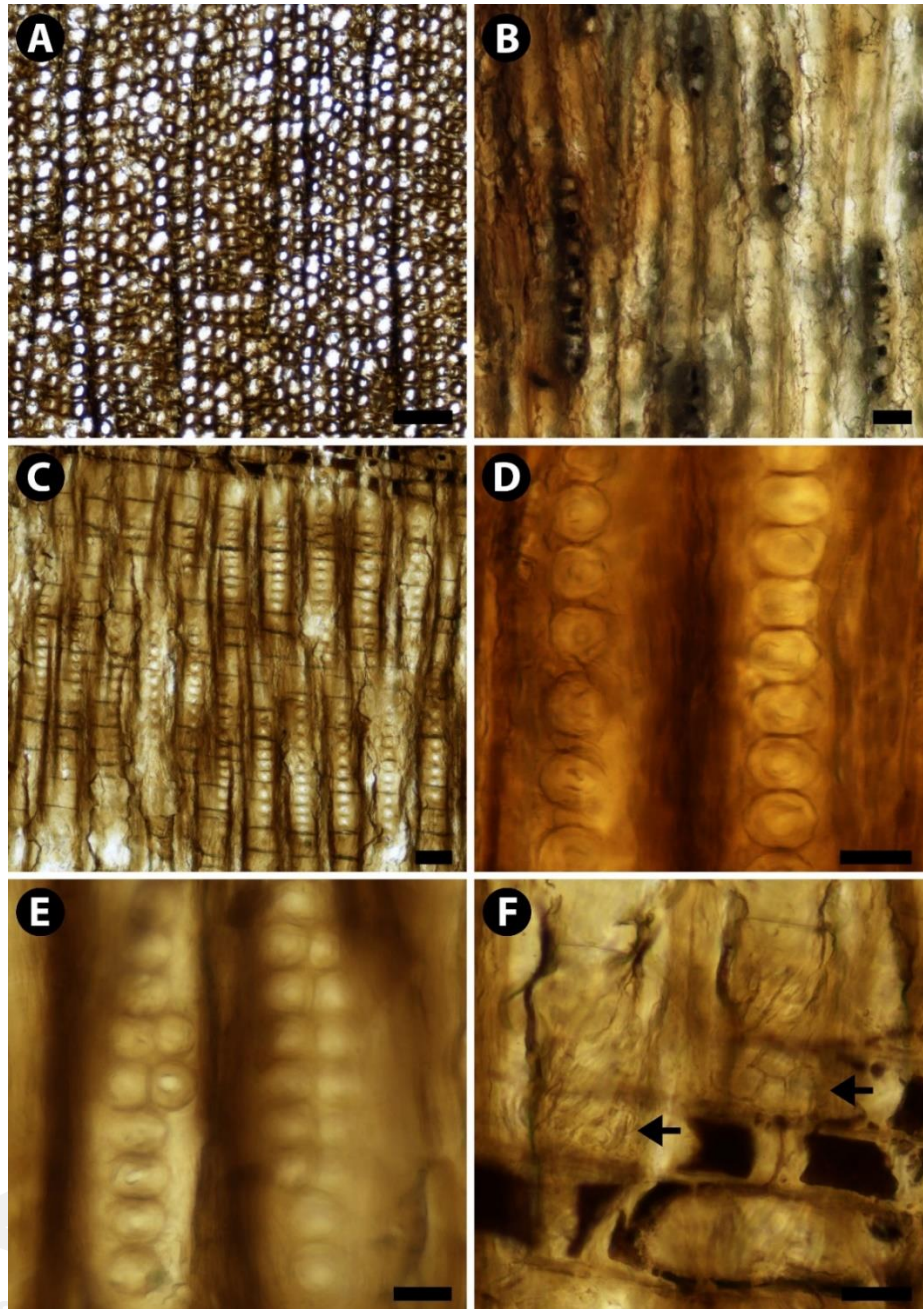
ชนิด: *Agathoxylon* sp.

คำบรรยายลักษณะ:

ภาคการตัดตามขวาง: มีวงปีไม่ชัดเจน (ภาพที่ 34A) เซลล์เทรคิตผนังบาง (ความหนาผนังเซลล์ 11.9 μm) รูปร่างกลมถึงรูปไข่ ไม่พบ axial parenchyma ไม่พบท่อน้ำยางและคริสตัล

ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัส: เซลล์เรย์มี 1-seriate (ภาพที่ 34B) ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา ความยาวเซลล์เรย์ 78.2-384.7 μm (เฉลี่ย 177.0 μm) จำนวนเซลล์เรย์ 2 – 11 เซลล์ (เฉลี่ย 7 เซลล์) รูปร่างรีหรือกลม ขอบเซลล์ในแนวขวางของเรย์พาเรงคิมาเป็นแบบเรียบ ความกว้างเซลล์เทรคิต 34.3 – 60.4 μm (เฉลี่ย 48.8 μm) ไม่พบ axial parenchyma

ภาคการตัดตามแนวรัศมี: หลุมผนังเซลล์มี 1 – 2 seriate น้อยมากที่พบ 2-seriate และ 1-2-seriate; 1-seriate รูปร่างกลมถึงรูปไข่ (ภาพที่ 34C, D) เส้นผ่านศูนย์กลาง 15.5 – 22.5 μm (เฉลี่ย 19.3 μm); 2-seriate เรียงสลับหรือตรงข้าม (ภาพที่ 34E) เส้นผ่านศูนย์กลาง 11.9 – 11.6 μm (เฉลี่ย 15.4 μm) ไม่พบ helical thickenings ในเซลล์เทรคิต มี cross-field pits แบบ araucarioid (ภาพที่ 34F); ปากหลุมผนังเซลล์รูปไข่ เรียง 1 – 3 แถว เรียงสลับ มี 4 – 7(10) ปากหลุมผนังเซลล์



ภาพที่ 34 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp. (PP-19-5) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภู
 ปอ A. ภาคการตัดตามขวางแสดงวงปีไม่ชัดเจน B. ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัสแสดง 1-seriate C, D.
 ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-seriate E. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนัง
 เซลล์ 1-2seriate ด้านตรงข้าม และ 2-seriate ด้านตรงข้าม F. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดง
 cross-field pits แบบ araucarioid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A = 200 μ m; B และ C = 50 μ m; D, E
 และ F = 20 μ m.

4.1.9 PP-19-6

ชั้น: Gymnospermae

วงศ์: ARUCARIACEAE

สกุล: cf. *Agathoxylon* Hartig

คำบรรยายลักษณะ:

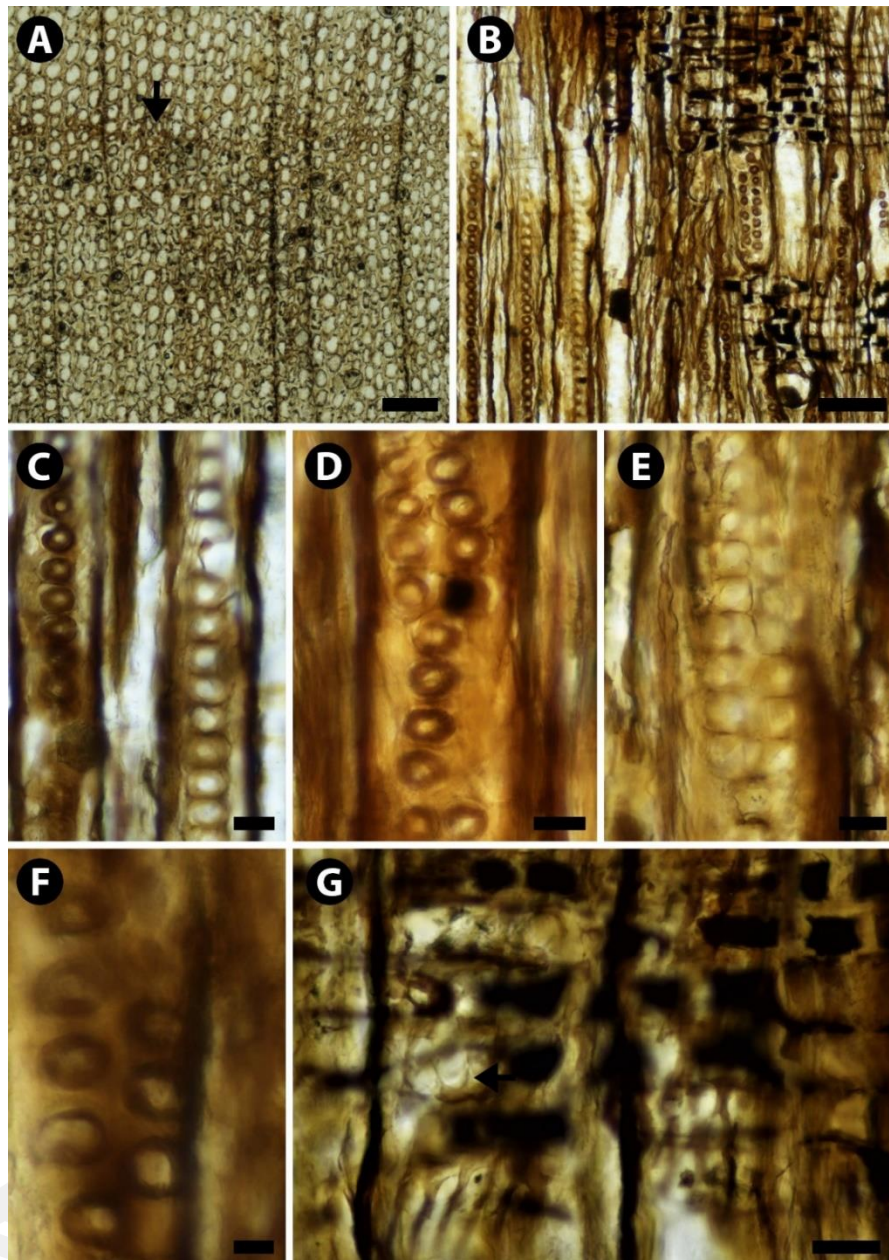
ภาคการตัดตามขวาง: วงปีไม่ชัดเจน (ภาพที่ 35A) เซลล์เทอร์คีตผนังบาง (ความหนาผนังเซลล์เฉลี่ย 13.4 μm) รูปร่างกลมถึงรูปไข่ ไม่พบ axial parenchyma

ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัส: ไม่เห็นรายละเอียดของกายวิภาคไม้กลายเป็นหิน เนื่องจากกระบวนการกลายเป็นซากดึกดำบรรพ์

ภาคการตัดตามแนวรัศมี: หลุมผนังเซลล์ 1 – 2 seriate พบน้อยมากที่มี 1-2-seriate (ภาพที่ 4.7D); 1-seriate (ภาพที่ 35C) รูปร่างกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 11.2 – 20.2 μm (เฉลี่ย 15.6 μm); 2-seriate (ภาพที่ 35E, F) รูปร่างกลมหรือเหลี่ยม เรียงสลับหรือตรงข้าม เส้นผ่านศูนย์กลาง 12.5 – 17.9 μm (เฉลี่ย 15.0 μm) ไม่พบ helical thickenings ในเซลล์เทอร์คีต มี cross-field pits แบบ araucarioid; ปากหลุมผนังเซลล์รูปไข่ 2 แถว เรียงสลับ มี >6 ปากหลุมผนังเซลล์

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

พหุ ม ปณ จิ โต ชี เว



ภาพที่ 35 กายวิภาคของ cf. *Agathoxylon* sp. (PP-19-6) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็น หินภูป้อ A. ภาคการตัดตามขวางเห็นวงปีไม่ชัดเจน (ลูกศร) B. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ C. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-seriate D. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-2-seriate E. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 2-seriate เรียงตรงข้าม F. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 2-seriate เรียงสลับ G. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดง 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.

4.1.10 PP-19-9

ชั้น: Gymnospermae

วงศ์: ARUCARIACEAE

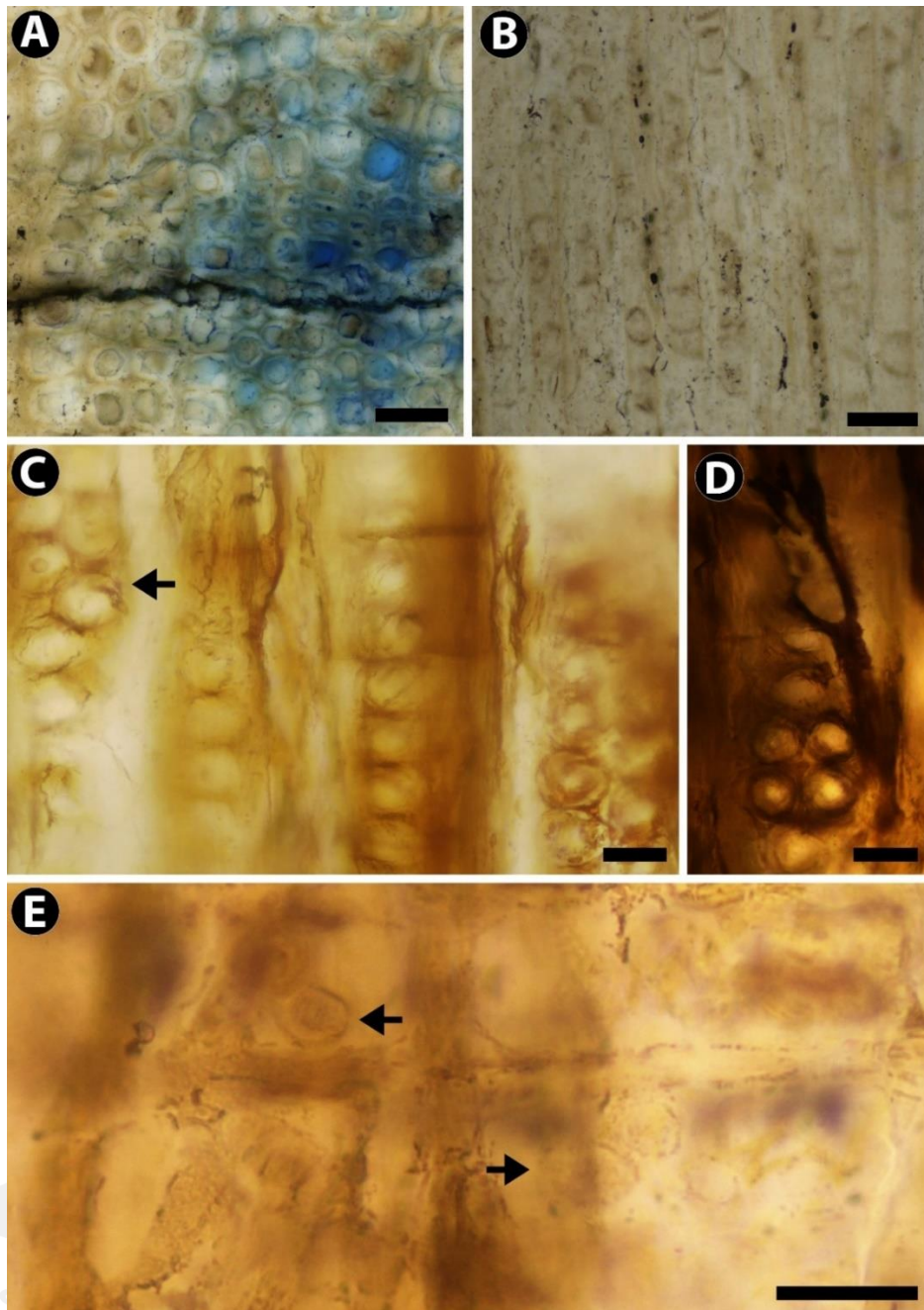
สกุล: *Agathoxylon* Hartig

คำบรรยายลักษณะ:

ภาคการตัดตามขวาง: วงปีไม่ชัดเจน (ภาพที่ 36A) เซลล์เทรคิตผนังบาง (ความหนาของผนังเซลล์เฉลี่ย $11.6 \mu\text{m}$) รูปร่างกลมถึงรูปไข่ ไม่พบ axial parenchyma ไม่พบท่อน้ำยาง

ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัส: เซลล์เรย์มี 1-seriate (ภาพที่ 36B) ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา ความยาวเซลล์เรย์ $127.8 - 596.9 \mu\text{m}$ (เฉลี่ย $303.9 \mu\text{m}$) จำนวนเซลล์เรย์ 6 – 26 เซลล์ (เฉลี่ย 11 เซลล์) รูปร่างกลมหรือรี ขอบเซลล์ในแนวขวางของเรย์พาเรงคิมาเป็นแบบเรียบควาก้างเซลล์เทรคิต $26.5 - 62.1 \mu\text{m}$ (เฉลี่ย $42.0 \mu\text{m}$) ไม่พบ axial parenchyma

ภาคการตัดตามแนวรัศมี: หลุมผนังเซลล์มี 1-2-seriate ส่วนใหญ่เป็น 1-seriate (ภาพที่ 36C, D); 1-seriate รูปร่างกลมถึงรูปไข่ เส้นผ่านศูนย์กลาง $20 - 28.6 \mu\text{m}$ (เฉลี่ย $23.6 \mu\text{m}$); 2-seriate เรียงแบบด้านตรงข้ามและเรียงแบบสลับ รูปร่างกลมและรูปร่างหลายเหลี่ยม เส้นผ่านศูนย์กลาง $13.9 - 22.6 \mu\text{m}$ (เฉลี่ย $18.8 \mu\text{m}$) ไม่พบ helical thickenings ในเซลล์เทรคิต มี Cross-field pits แบบ araucarioid (ภาพที่ 36E); ปากหลุมผนังเซลล์มีขอบกลมถึงรูปไข่ เรียง 1 – 2 แถว (ส่วนใหญ่ 2 แถว) มี 5 ปากหลุมผนังเซลล์หรือมากกว่า



ภาพที่ 36 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp. (PP-19-9) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหิน
 ปอ A. ภาคการตัดตามขวางแสดงวงปีไม่ชัดเจน B. ภาคการตัดขนาดเส้นสัมผัสแสดงเซลล์เรย์แบบ 1-
 seriate C. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงลวดหลายของหลุมผนังเซลล์เทรคิต 1-seriate และ 1-2-
 seriate แบบเรียงสลับ (ลูกศร) D. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดง 1-2-seriate แบบเรียงตรงข้าม E.
 ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดง Cross-field pits แบบ araucarioid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A, B = 100
 μm ; C, D, E = 20 μm .

4.1.11 KS34-924

ชั้น: Gymnospermae

วงศ์: ARAUCARIACEAE

สกุล: *Agathoxylon* Hartig

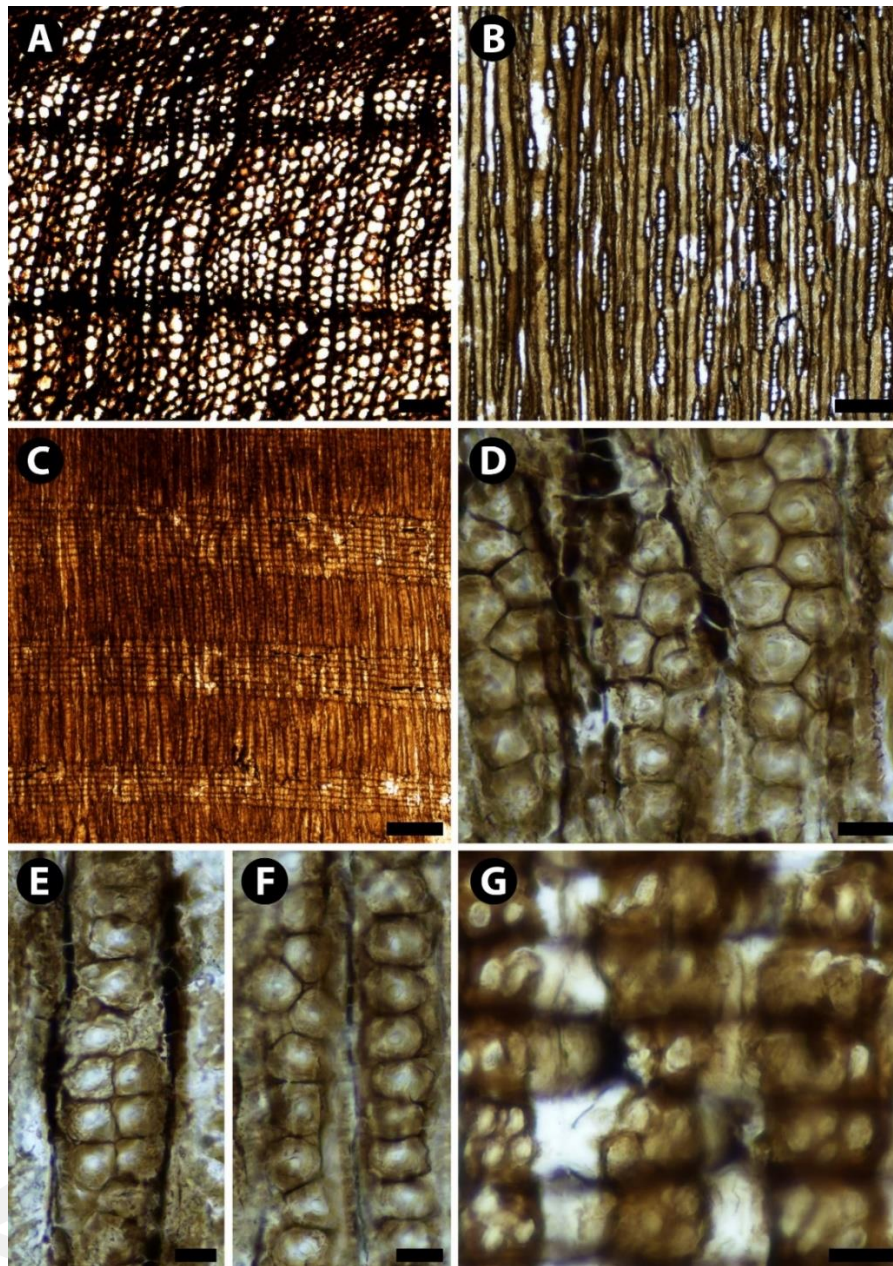
ชนิด: *Agathoxylon* sp.

คำอธิบายลักษณะ:

ภาคการตัดตามขวาง: วงปีชัดเจน (ภาพที่ 37A) เซลล์เทรคีดผนังบาง ความหนาผนังเซลล์ 4 – 7 μm (เฉลี่ย 5 μm) รูปร่างกลมถึงรูปไข่ ไม่พบ axial parenchyma พบ traumatic resin

ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัส: เซลล์เรย์มี 1 – 2 seriate (ภาพที่ 37B) มีน้อยมากที่จะพบ 2-seriate ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา ความยาวเซลล์เรย์ 26 – 639 μm (เฉลี่ย 188 μm) จำนวนเซลล์เรย์ 1 – 25 เซลล์ (เฉลี่ย 6 เซลล์) รูปร่างรีหรือกลม ขอบเซลล์ในแนวขวางของเซลล์พาเรงคิมาเป็นแบบเรียบ ไม่พบ axial parenchyma

ภาคการตัดตามแนวรัศมี: หลุมผนังเซลล์ มี 1 – 2 seriate พบน้อยมากที่มี 2-seriate; 1-seriate (ภาพที่ 37C, F) รูปร่างกลมถึงรูปไข่ เส้นผ่านศูนย์กลาง 22 – 32 μm (เฉลี่ย 27 μm); 2-seriate (ภาพที่ 37D, E,) เรียงแบบตรงข้ามและเรียงสลับ รูปร่างหลายเหลี่ยม เส้นผ่านศูนย์กลาง 13 – 32 μm (เฉลี่ย 25 μm) ไม่พบ helical thickenings ในเซลล์เทรคีด มี cross-field pits แบบ cupressoid (ภาพที่ 37G); ปากหลุมผนังเซลล์รูปไข่ เรียง 2 แถว เรียงสลับ มี 3 – 15 ปากหลุมผนังเซลล์



ภาพที่ 37 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp. (KS34-924) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้ำน้อย A. ภาคการตัดตามขวาง B. ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัสแสดงเซลล์เรย์แบบ 1-seriate C. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-seriate และ cross-field pits D. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 2-seriate รูปร่างหลายเหลี่ยมเรียงสลับ E. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 2-seriate เรียงตรงข้าม F. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-2-seriate G. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดง cross-field pits แบบ cupressoid ขนาดสเกล: A, B และ C = 200 μm ; D, E, F และ G = 20 μm .

4.1.12 PN-1

วงศ์: ARAUCARIACEAE

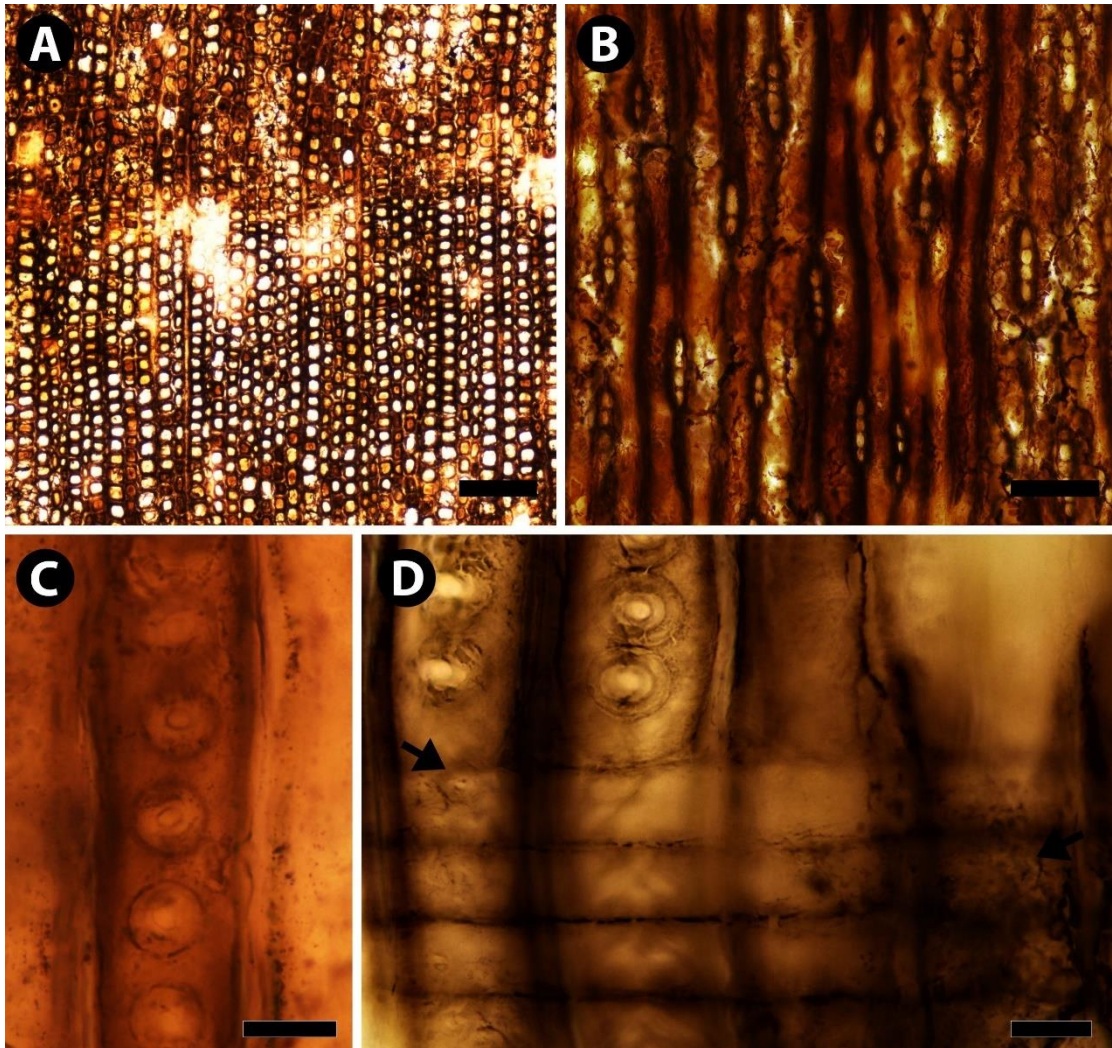
สกุล: *Agathoxylon* Hartigชนิด: *Agathoxylon* sp.

คำอธิบายลักษณะ:

ภาคการตัดตามขวาง: วงปีไม่ชัดเจนหรือไม่พบวงปี (ภาพที่ 38A) เซลล์เทรคิตผนังบาง (ความหนาผนังเซลล์เฉลี่ย $5.5 \mu\text{m}$) รูปร่างกลมถึงรูปไข่ ไม่พบ axial parenchyma ไม่พบท่อน้ำยาง และคริสตัล

ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัส: เซลล์เรย์มี 1-seriate (ภาพที่ 38B) ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา ความยาวเซลล์เรย์ $30 - 183 \mu\text{m}$ (เฉลี่ย $81.5 \mu\text{m}$) จำนวนเซลล์เรย์ค่อนข้างต่ำ 1 – 8 เซลล์ (เฉลี่ย 3 เซลล์) รูปไข่หรือรูปรี ขอบเซลล์ในแนวขวางของเรย์พาเรงคิมาเป็นแบบเรียบ ความกว้างของเซลล์เทรคิต $14.4 - 37.5 \mu\text{m}$ (เฉลี่ย $25 \mu\text{m}$) ไม่พบ axial parenchyma

ภาคการตัดตามแนวรัศมี: หลุมผนังเซลล์มี 1-seriate (ภาพที่ 38C) น้อยมากที่มี 2-seriate แบบเรียงสลับ รูปร่างกลมถึงรูปไข่ เส้นผ่านศูนย์กลาง $14.6 - 22.3 \mu\text{m}$ (เฉลี่ย $18.9 \mu\text{m}$) ไม่พบ helical thickening ในเซลล์เทรคิต มี cross-field pits แบบ araucarioid (ภาพที่ 38D); ปากหลุมผนังเซลล์มีขอบ เรียง 2 แถว เรียงแบบสลับ มีมากกว่า 5 ปากหลุมผนังเซลล์



ภาพที่ 38 กายวิภาคของ *Agathoxylon* sp. (PN-1) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภู่น้อย A. ภาคการตัดตามขวางแสดงวงปีไม่ชัดเจน B. ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัสแสดงเซลล์เรย์แบบ 1-seriate C. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-seriate D. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 1-seriate และ cross-field pits แบบ araucarioid (ลูกศร) ขนาดสเกล: A = 200 μm ; B = 100 μm ; C และ D = 20 μm .

4.1.13 PN-2

ชั้น: Gymnospermae

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

ชนิด: *Shimakuroxylon* cf. *japonicum*

คำบรรยายลักษณะ:

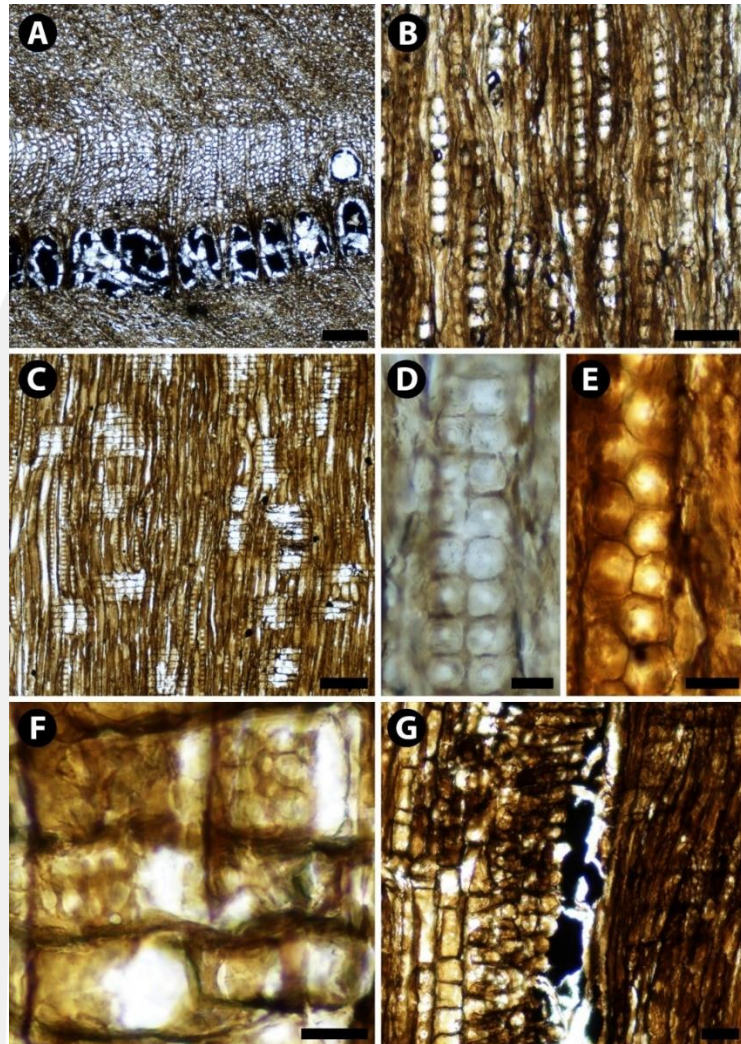
ภาคการตัดตามขวาง: วงปีชัดเจน (ภาพที่ 39A) เซลล์เทรคิตผนังบาง (ความหนาผนังเซลล์ μm) รูปร่างกลมถึงรูปไข่ พบ traumatic resin (ภาพที่ 39A, G) ไม่พบ axial parenchyma และ คริสตัล

ภาคการตัดขนานเส้นสัมผัส: เซลล์เรย์มี 1-seriate มีน้อยมากที่พบ 1-2-seriate (ภาพที่ 39B) ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา ความยาวเซลล์เรย์ 66 – 578 μm (เฉลี่ย 223 μm) จำนวนเซลล์เรย์ 2 – 20 เซลล์ (เฉลี่ย 7 เซลล์) รูปร่างรีหรือกลม ขอบเซลล์ในแนวขวางของเรย์พาเรงคิมา เป็นแบบเรียบ ความกว้างเซลล์เทรคิต 30.2 – 50.0 μm (เฉลี่ย 36.6 μm) พบ axial parenchyma

ภาคการตัดตามแนวรัศมี: หลุมผนังเซลล์มี 1-seriate (ภาพที่ 39C) น้อยมากที่พบ 2-seriate; 1-seriate รูปร่างกลมถึงไข่ เส้นผ่านศูนย์กลาง 19 – 28 μm (เฉลี่ย 23 μm); 2-seriate เรียงสลับ (ภาพที่ 39E) หรือเรียงตรงข้ามแบบ *japonicum* type (ภาพที่ 39D) รูปร่างกลมถึงหลายเหลี่ยม เส้นผ่านศูนย์กลาง 14 – 25 μm (เฉลี่ย 19 μm) ไม่พบ helical thickenings ในเซลล์เทรคิต มี cross-field pits แบบ cupressoid (ภาพที่ 39F); ปากหลุมผนังเซลล์รูปรี 2 แถว เรียงตรงข้ามหรือสลับ มี 4 – 8 ปากหลุมผนังเซลล์

Affinities:

PN-02 มีความใกล้เคียงกับ *Brachyoxylon boureaui* Vozenin-Serra ซึ่งต่อมาเมื่อมีการตรวจสอบลักษณะทางกายวิภาคอีกครั้งได้ถูกย้ายไปรวมกันเป็นชนิดใหม่ คือ *Shimakuroxylon japonicum* โดยลักษณะทางกายวิภาคของตัวอย่างหมายเลข PN-2 ลักษณะที่บ่งบอกได้ชัดเจนว่าอยู่ในสกุล *Shimakuroxylon* จากการพบหลุมผนังเซลล์แบบ *japonicum* type (ภาพที่ 39D) ซึ่งมีมากกว่า 20% จากการตรวจสอบรูปแบบของหลุมผนังเซลล์ทั้งหมดในตัวอย่างนี้



ภาพที่ 39 กายวิภาคของ *Shimakuroxylon cf. japonicum* (PN-2) จากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภู
 น้อย A. ภาคการตัดตามขวางแสดงวงปีชัดเจนพบ traumatic resin canals B. ภาคตัดขนานเส้น
 สัมผัสแสดงเซลล์เรย์แบบ 1-seriate และ 1-2-seriate C. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนัง
 เซลล์ D. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 2-seriate แบบ japonicum type E. ภาค
 การตัดตามแนวรัศมีแสดงหลุมผนังเซลล์ 2-seriate รูปร่างหลายเหลี่ยมเรียงสลับ F. ภาคการตัดตาม
 แนวรัศมีแสดง cross-field pits แบบ cupressoid G. ภาคการตัดตามแนวรัศมีแสดง traumatic
 resin canals ขนาดสเกล: C = 200 μm ; A และ B = 100 μm ; G = 50 μm ; D, E และ F = 20
 μm .

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ตัวอย่างไม้กลายเป็นหินทั้งหมด 13 ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาจากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภู่อและแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภู่น้อย ที่มีอายุอยู่ในช่วงครีเทเชียสตอนปลายถึงจูแรสสิกตอนต้นจากหมวดหินภูกระดึง โดยตัวอย่างทั้งหมดได้รับการศึกษาอย่างละเอียดด้วยการตรวจสอบกายวิภาคของไม้กลายเป็นหินภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงสามารถจำแนกดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 กายวิภาคเปรียบเทียบไม้กลายเป็นหินที่ใช้ศึกษาจากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภู่อและแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภู่น้อย คำย่อ: 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.

Taxa	No.	GR	R	Radial pitting	Tg TP	Ray height	CFP (pits)	Ax Pa
Gymnosperm	PP-17-1	P	A	N/A	A	N/A	N/A	A
Gymnosperm	PP-17-2	A	A	N/A	A	N/A	N/A	A
cf. <i>Agathoxylon</i> sp.	PP-17-3	N/A	A	1-2 seriate, alternate, opposite	A	N/A	araucarioid 5-13	A
<i>Agathoxylon</i> sp.	PP-19-1	A	A	1-2 seriate, opposite	A	5-12 (x=8)	araucarioid 5-12, 1-3 rows, alternate, opposite	A
<i>Agathoxylon</i> sp.	PP-19-2	A	A	uniseriate, 1-2-seriate	A	1-15 (x=5)	araucarioid 4- >6, 1-2 rows, alternate	A
<i>Agathoxylon</i> sp.	PP-19-3	P	A	1-2 seriate, alternate	A	2-11 (x=5)	araucarioid 6-8, 2-4 rows, alternate, opposite	A
<i>Agathoxylon</i> sp.	PP-19-4	P	A	1-2 seriate, opposite, alternate	A	2-35 (x=10)	araucarioid 4-7, 2 rows, alternate	A
<i>Agathoxylon</i> sp.	PP-19-5	A	A	1-2 seriate, opposite	A	2-11 (x=7)	araucarioid 4-7(10), 1-3 rows, alternate	A
Gymnosperm (cf. <i>Agathoxylon</i> sp.)	PP-19-6	A	A	1-2 seriate, opposite, alternate	A	-	araucarioid >6, 2 rows, alternate	A
<i>Agathoxylon</i> sp.	PP-19-9	A	A	1-2 seriate, alternate, opposite	A	6-26 (x=11)	araucarioid >6, 2 rows, alternate	A

Taxa	No.	GR	R	Radial pitting	Tg TP	Ray height	CFP (pits)	Ax Pa
<i>Agathoxylon</i> sp.	KS34-924	P	A	1-2 seriate, alternate, opposite	A	1-25 (x=6)	araucarioid 3-15	A
<i>Agathoxylon</i> sp.	PN-1	P	A	uniseriate	A	1-8 (x=3)	araucarioid >5	A
<i>Shimakuroxylon</i> cf. <i>japonicum</i>	PN-2	P	T	1-2 seriate, alternate, opposite	A	2-20 (x=7)	cupressoid 4-8, 2 rows, opposite, alternate	P, R

5.1 ลำดับทางอนุกรมวิธาน

5.1.1 ไม้กลายเป็นหินจากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูปอ

Gymnospermae

Araucariaceae

Agathoxylon Hartig, 1848

Agathoxylon sp.

5.1.2 ไม้กลายเป็นหินจากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูน้อย

Gymnospermae

Araucariaceae

Agathoxylon Hartig, 1848

Agathoxylon sp.

Gymnospermae

Shimakuroxylon Philippe, M., Boura, A., Oh, C. & Pons, D., 2014

Shimakuroxylon cf. *japonicum*

5.2 อายุของแหล่งซากดึกดำบรรพ์และการลำดับชั้นหิน

จากการรายงานการค้นพบซากดึกดำบรรพ์สัตว์มีกระดูกสันหลังที่ผ่านมาแสดงว่า ภูน้อยมีอายุอยู่ในช่วงปลายยุคจูแรสสิก (Buffetaut et al., 2001; Buffetaut & Suteethorn, 2007; Tong et al., 2009, 2019) การศึกษาธรณีวิทยาบ่งบอกว่าหมวดหินภูกระดึงอยู่ในช่วงปลายยุคครีเทเชียส

(Racey & Goodall, 2009) ในกรณีของถุน้อยมีลักษณะที่ตั้งที่อยู่ทางตอนล่างของหมวดหินภูกระดึง จึงมีการเสโนอายุของชั้นหินในช่วงปลายจูแรสสิก (?Tithonian) (Cuny et al., 2014; Deesri et al., 2013; Liard & Martin, 2011; Martin et al., 2015) ดังนั้น อายุของถุน้อยจึงยังไม่มี การตัดสินที่แน่ชัด เนื่องจากส่วนใหญ่ยังอยู่ในระหว่างการศึกษา

การศึกษาซากไม้กลายเป็นหินจากแหล่งซากดึกดำบรรพ์ภูโปและถุน้อยในครั้งนี้ ช่วยสนับสนุนหลักฐานงานวิจัยเกี่ยวกับการลำดับชั้นหินที่ผ่านมาได้ดี เพราะพบไม้กลายเป็นหินสกุลที่มีการกระจายทางภูมิศาสตร์อย่างจำกัด จากรายงานของ Philippe et al. (2014) พบ *Shimakuroxylon* ในละติจูดบรรพกาล (paleolatitude) ที่ 12° N และ 25° N และยังพบในชั้นหินที่มีการกระจายที่ไม่กว้างมากนัก เฉพาะในช่วงอายุ Tithonian ถึง Aptian ดังนั้น การค้นพบไม้กลายเป็นหินสกุล *Shimakuroxylon* ที่แหล่งซากดึกดำบรรพ์ถุน้อยจึงช่วยสนับสนุนว่า อายุของชั้นหินในแหล่งซากดึกดำบรรพ์ถุน้อยอยู่ในช่วงจูแรสสิกตอนปลาย นอกจากนี้ *Shimakuroxylon* sp. (cf. *Brachyoxylon boureaui*) ยังเป็นไม้กลายเป็นหินที่อายุเก่าแก่ที่สุดในกลุ่มหินโคราชอีกด้วย

5.3 วงปีและสภาพภูมิอากาศ

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

การคาดการณ์ว่าไม้ที่ศึกษาในภูโปและถุน้อยอาศัยในบริเวณที่อากาศค่อนข้างชื้นสอดคล้องกับการรายงานการพบพืชสกุล *Xenoxylon* ที่แหล่งซากดึกดำบรรพ์ไม้กลายเป็นหินภูโปซึ่งชี้ให้เห็นถึงสภาพภูมิอากาศเปียกชื้นและอาจเย็น (Boonchai et al., 2020; Boonchai & Philippe, 2017; Philippe et al., 2013) ในรายงานฉบับนี้ ได้กล่าวถึงการค้นพบสกุล *Shimakuroxylon* ที่มีความเกี่ยว

ข้องกับสภาพอากาศที่อบอุ่นด้วย ซึ่งสภาพภูมิอากาศดังกล่าวได้รับการสนับสนุนจากการศึกษาไอโซโทปของสัตว์มีกระดูกสันหลังยุคครีเทเชียสตอนต้นในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นพื้นที่กึ่งร้อนชื้น (sub-tropical) มีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 20 – 25 °C สอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนที่สูงตามฤดูกาล (ประมาณ 1,200 มม/ปีในไทย) (Amiot et al., 2015) แม้ว่าการศึกษาในญี่ปุ่นนั้นจะไม่พบหลักฐานการอยู่ร่วมกันระหว่าง *Xenoxylon* และ *Shimakuroxylon* แต่นี้อาจบ่งบอกได้ถึงความหลากหลายของป่าที่พบชนิดพันธุ์พืชที่มีความแตกต่างกันมาก

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ไม้สนในประเทศไทยส่วนใหญ่ที่กลายเป็นหิน cross-field pits มักไม่ถูกรักษาสภาพ จึงเห็นลักษณะทางกายวิภาคไม่ชัดเจนทำให้ไม่สามารถระบุชนิดได้ ในการศึกษาครั้งนี้นอกจากทำการตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงธรรมดาแล้วควรทำการตรวจสอบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดด้วยเพื่อการระบุเอกลักษณ์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

5.4.2 ปัจจุบันสนในประเทศไทยที่มีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติมีเพียงแคว้งค์ Pinaceae จึงไม่สามารถนำตัวอย่างไม้กลายเป็นหินไปเปรียบเทียบได้

5.4.3 การศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถเข้าถึงตัวอย่างโฮโลไทป์ได้ จึงตรวจสอบและเปรียบเทียบได้จากวารสารเท่านั้น ซึ่งการดูภาพ 2 มิติเห็นรายละเอียดของกายวิภาคไม้ได้ไม่ดีเท่าการตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์

บรรณานุกรม



กมลหทัย แวงวาสิต. (2554). *เอกสารประกอบการสอน รายวิชา 0203 413 กายวิภาคศาสตร์ของพืช Plant Anatomy.*

กรมทรัพยากรธรณี. (2550). *ธรณีวิทยาประเทศไทย. กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.*

กรมแผนที่ทหาร. (2551). *แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000. ระวัง 5742 IV. อำเภอคำม่วง. ลำดับชุด L7017 พิมพ์ครั้งที่ 2-R7SD.*

กฤษณา ชูติมา. (2547). *หลักเคมีทั่วไป เล่ม 1.* กรุงเทพฯ.

ธวัชชัย สันติสุข. (2549). *ป่าไม้ของไทย (กองกานดา 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.

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.

<http://www.bgbm.fu-berlin.de/iapt/nomenclature/>

Benyasuta P. (2003). *Petrified wood of Northeastern Thailand and its Implication on*

Biodiversity and the Ecosystem during the Cenozoic Era.

<http://sutir.sut.ac.th:8080/jspui/handle/123456789/1329>

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.*

<http://sutir.sut.ac.th:8080/jspui/handle/123456789/2899>

Boonchai, N., Suteethorn, S., Sereepasirt, 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.

<https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2019.104153>

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.

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>

Chamlong, P. C. (1972). The genus *Diospyros* L. (Ebenaceae) in Thailand. *Thai Forest Bulletin (Botany)*, 6, 1–27. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/ThaiForestBulletin/article/view/25132>

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. <https://thaiscience.info/Journals/Article/JSMU/10938481.pdf>
- 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 the Global Biodiversity Information Facility. (2020, August 18). *GBIF Backbone Taxonomy*. Checklist Dataset. <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org.
- Google Earth Pro. (2020, March 31). แหล่งซากดึกดำบรรพ์พญาปอและภูน้อย, 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.
- 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.
- 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., & Demarqe, 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.

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?partnerID=HzOxMe3b&scp=77749264335&origin=inward>

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.

https://www.researchgate.net/publication/341039722_Relative_position_of_the_Mesozoic Vertebrate localities in the Phu Kradung Formation of the Phu Phan uplift Northeast Thailand

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. (2015). Strontium isotopes and the long-term residency of thalattosuchians in the freshwater environment. *Paleobiology*, 42(1), 143–156.

<https://doi.org/10.1017/pab.2015.42>

Nishida, M., & Oishi, T. (1982). Some petrified plants from the Cretaceous of Kwanto Mountains, Central Japan (2). *Journal of Japanese Botany*, 57, 343–348.

Nishida, M., & Nishida, U. (1983). Petrified Plants from the Cretaceous of the Kwanto Mountains, Central Japan I*. *Bot. Mag. Tokyo.*, 96, 85–91.

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.
- Philippe M, & Suteethorn V, B. E. (2011). Révision de *Brachyoxylon* rotnaense Mathiesen, description de *B. serrae* n. sp. et conséquences pour la stratigraphie du Crétacé inférieur d'Asie du Sud-Est. In *Geodiversitas* (Vol. 31, Issue 1, pp. 25–32). <https://doi.org/10.5252/g2011n1a2>.
- 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., & Goodall, J. G. S. (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>
- 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>
- 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.Viet-Nam*, 12, 1–15.

- Shimakura, M. (1933). Notes on fossil woods, I. *J. Geol. Soc. Jap.*, *40*, 475–477.
- Shimakura, M. (1936). Studies on fossil woods from Japan and adjacent lands, contribution I. *Science Reports of the Tohoku Imperial University*, *40*, 267–310.
https://tohoku.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=10709&item_no=1&page_id=33&block_id=46
- Slyper, E. J. (1933). Bestimmungstabelle für rezente und fossile Coniferenhölzer nachmikroskopischen 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/>
- 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., 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.
<https://doi.org/10.1017/S0016756818000791>
- 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, Beitrag 7: Prodomus zu einer Monographie der Protopinaceae. II: Die protopinoiden Hölzer der Trias. *Palaeontographica Abteilung B Band 124 Lieferung*, *121*, 30–51.
- Vogellehner, D. (1968). Zur Anatomie und Phylogenie mesozoischer Gymnospermenhölzer, 7: Prodomus zu einer Monographie der Protopinaceae II.

Die protopinoiden Hölzer des Jura. *Palaeontographica Abteilung B Band 124 Lieferung, 124*, 125–162.

Whitmore, T., & Page, C. (1980). Evolutionary Implications of The Distribution and Ecology of The Tropical Conifer *Agathis*. *New Phytol*, *84*, 407–416.

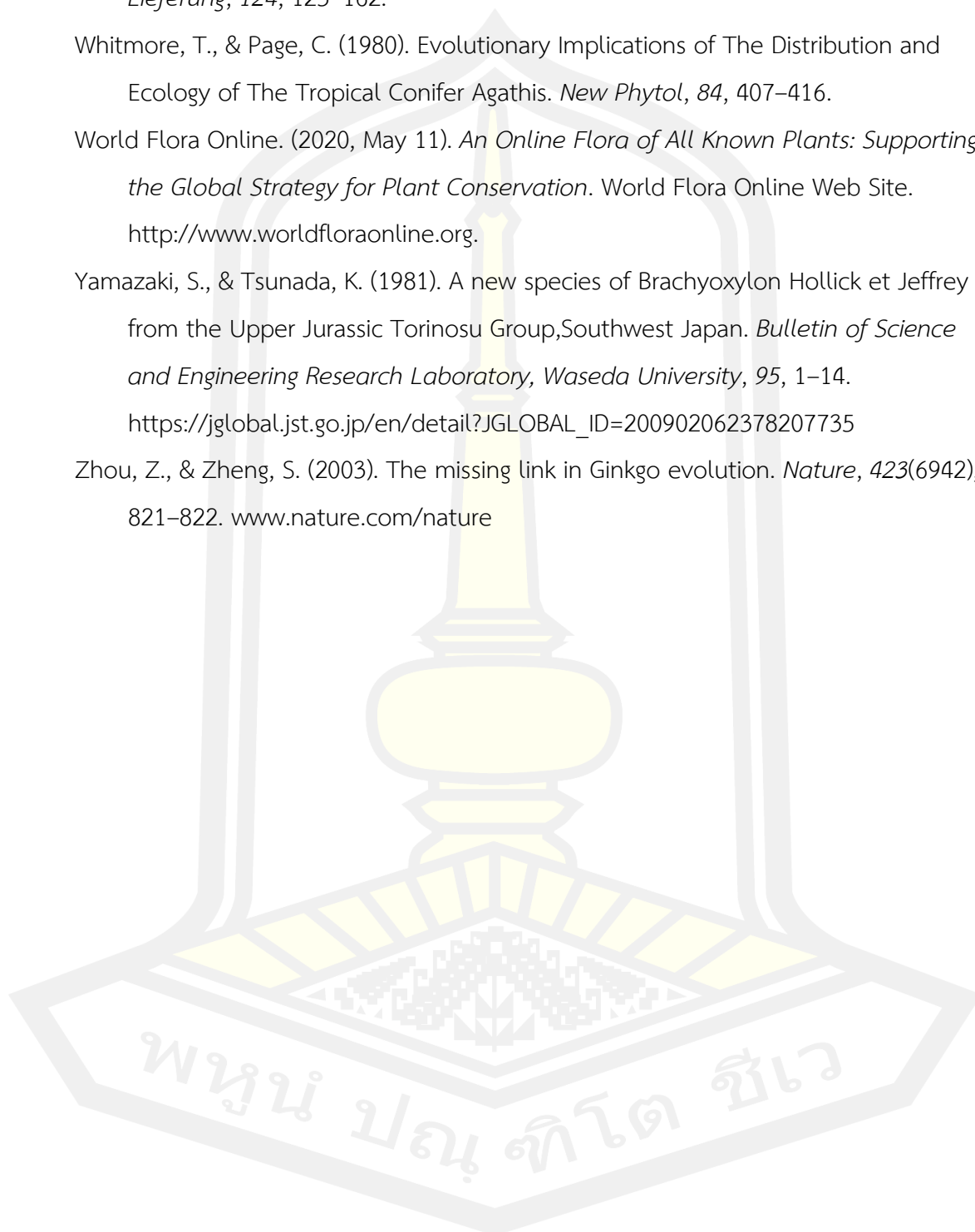
World Flora Online. (2020, May 11). *An Online Flora of All Known Plants: Supporting the Global Strategy for Plant Conservation*. World Flora Online Web Site.

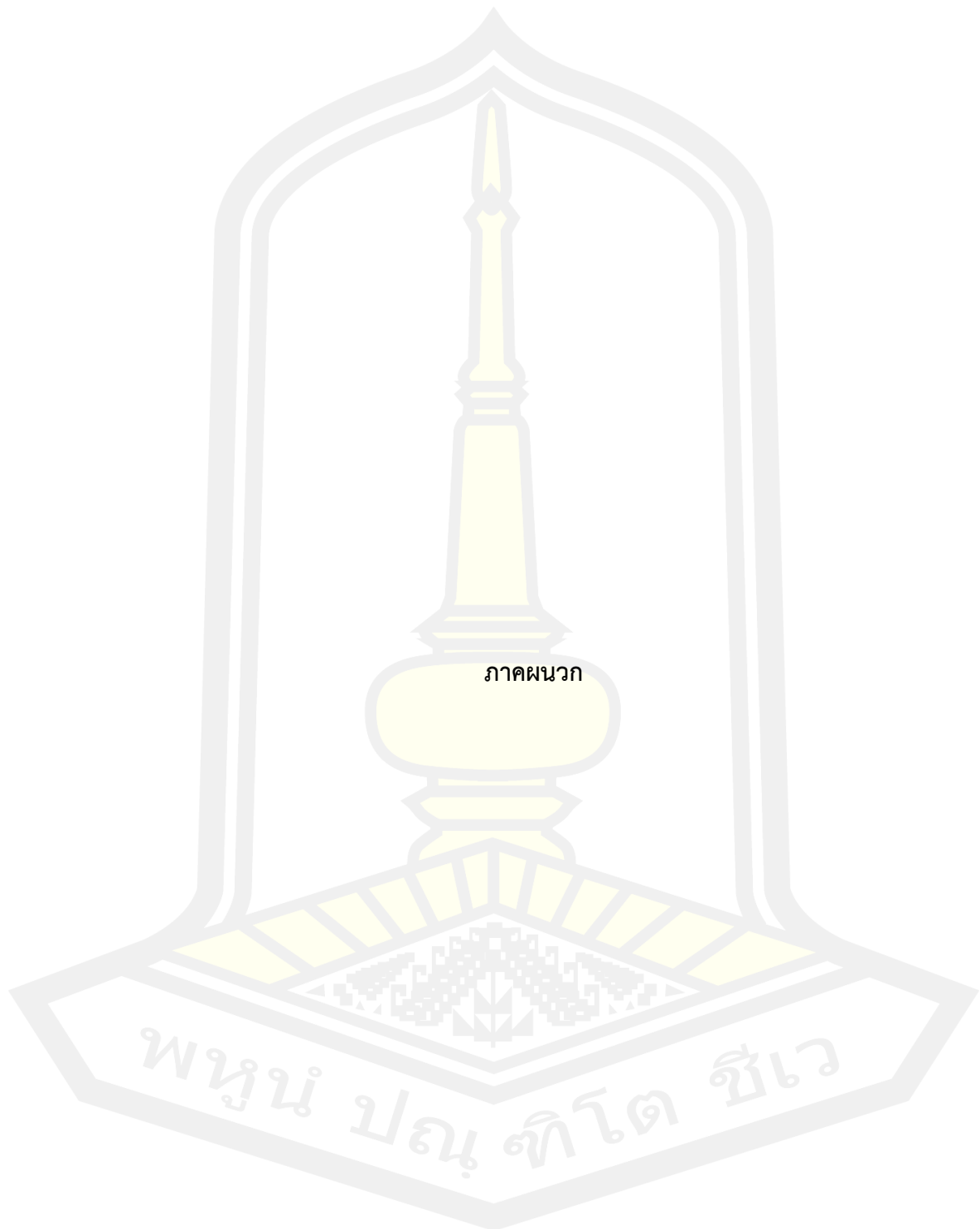
<http://www.worldfloraonline.org>.

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.

https://jglobal.jst.go.jp/en/detail?JGLOBAL_ID=200902062378207735

Zhou, Z., & Zheng, S. (2003). The missing link in Ginkgo evolution. *Nature*, *423*(6942), 821–822. www.nature.com/nature





ภาคผนวก

พหุบัณฑิตวิถ์

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</i> sp. <i>Srikampa et al.</i>	L. Jurassic - E. Cretaceous	Thailand	P	1-2 seriate opposite, alternate	A	1-seriate 1 – 35 cells	3 – 15 araucarioid	A
<i>Agathoxylon</i> <i>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</i> <i>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</i> <i>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</i> <i>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</i>	Early	Western	P	1 – 2 seriate	A	1-seriate	1 – 8 (2 –	A

<i>antarcticus</i> (Poole & Cantrill 2001) Pujana <i>et al.</i> (2014)	Eocene	Antarctica		; araucarian opposite alternate hexagonal		2 – 10 cells, Rarely up to 19 cells	5) araucarioid	
<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

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 arayaii</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 (A.) 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 (Araucarioxylon) 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
<i>Araucarioxylon novazelandii</i>	Cretaceous, Tertiary	New Zealand,	P	2-seriate; alternate,	A	1-seriate (1 - (3 - 4)7)	1 - 10, cupressoid	R

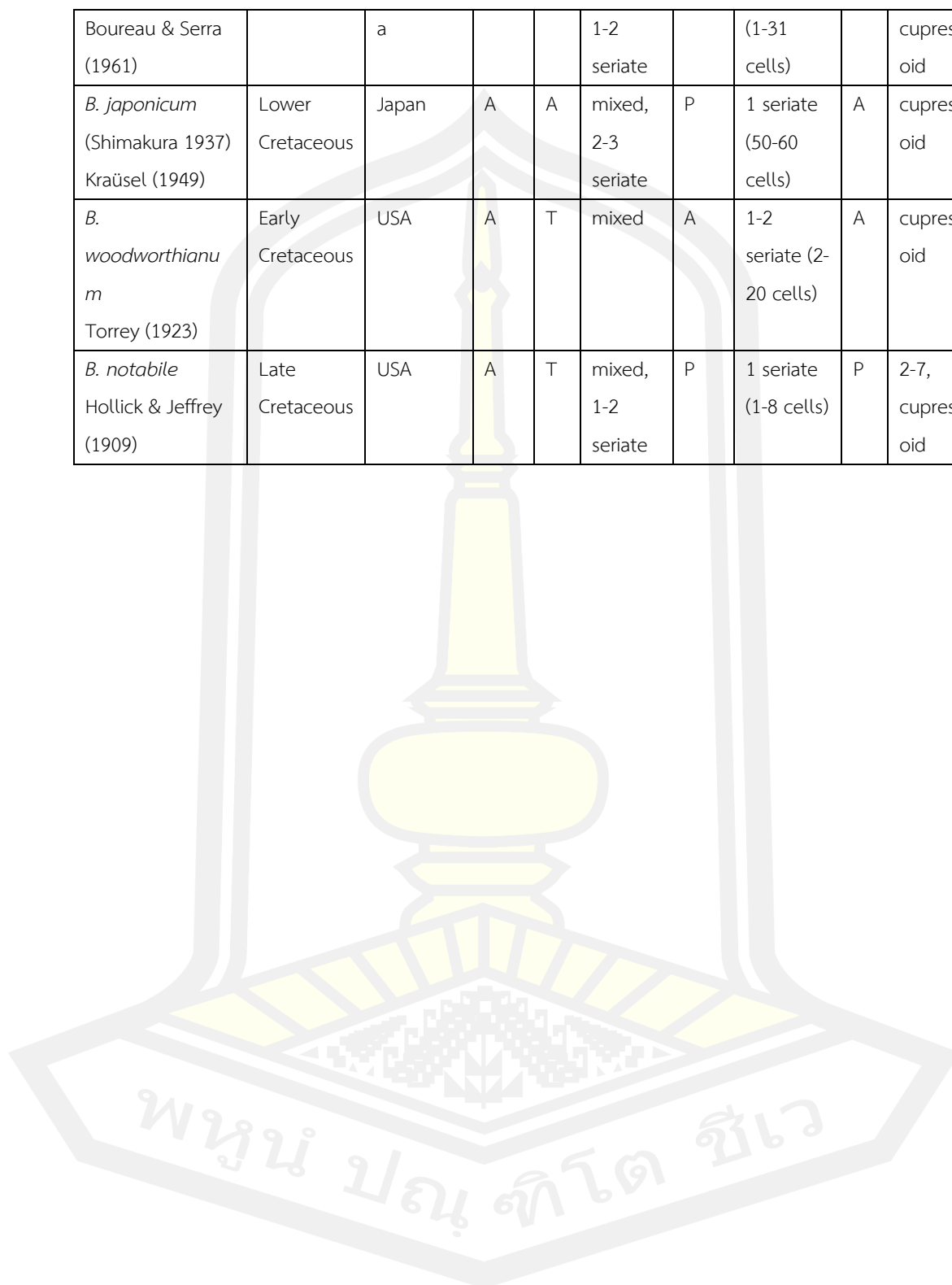
Stopes (1914) (described by Torres <i>et al.</i> (1994))		Antarctica		hexagonal		cells)	, 2 or 3 rows	
<i>Agathoxylon pseudoparenchy matosum</i> Gothan (1908)	Tertiary	Antarctica , Chile, Argentina	P	(1)2-seriate; araucarioid	A	1-seriate 1 – 14 cells	2 – 8	A
<i>Dadoxylon (A) pseudoparenchy matosum</i> 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 *Brachyoxylo*. 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>Shimakuroxylon</i> cf. <i>japonicum</i> Srikampa et al.	L. Jurassic – E. Cretaceous	Thailand	A	T	mixed, 1-2 seriate	A	1 seriate (2-20 cells)	A	4-8, cupressoid	R
<i>Brachyoxylo</i> <i>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> Phillippe 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>	Permian	Brazil	A	P	mixed, 1-5	P	1 seriate (1-38)	A	4-16 cupressoid	A

(Pant & Singh 1987) Kurzawe & Merlotti (2010)					seriate		cells)		oid	
<i>B. dobrogiacum lamandei</i> & lamandei (2005)	Early Cretaceous	Romania	A	A	mixed, 1-3 seriate	P	1 seriate (1-10 cells)	P	1-6 cupressoid	P
<i>B. avramii lamandei</i> & lamandei (2005)	Early Cretaceous	Romania	A	T	mixed, 1-2 seriate	R	1 seriate (1-21 cells)	A	1-8 cupressoid	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, cupressoid	A
<i>B. nonakai</i> Yamazaki & Tsunada (1981)	Upper Jurassic	Japan	A	A	opposite, 2-4 seriate	A	1 seriate (unknown)	A	cupressoid	A
<i>B. boureaui</i> Serra (1966)	Jurassic (?)	Cambodia	A	A	mixed, 1-2 seriate	A	1 seriate (low)	A	4-37, cupressoid	A
<i>B. eboracense</i> (Holden 1913) Philippe (2002)	Jurassic	England	A	A	mixed, 1-2 seriate	A	1 seriate (low)	A	numerous cupressoid	A
<i>B. liebermanii</i> Philippe (1995)	Jurassic	France	P	A	mixed, 1 seriate	P	1 seriate (low)	A	5-12, cupressoid to podocarpoid	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, cupressoid	A
<i>B. lagonense</i> (Laudouéneix 1973) Dupéron-Laudouéneix (1991)	Cretaceous	Chad	A	T	mixed, 2-3 seriate	A	1 seriate (low)	A	cupressoid	A
<i>B. saurinii</i>	Jurassic (?)	Cambodia	A	T	mixed,	A	1 seriate	A	2-12,	A

Boureau & Serra (1961)		a			1-2 seriate		(1-31 cells)		cupress oid	
<i>B. japonicum</i> (Shimakura 1937) Kraüsel (1949)	Lower Cretaceous	Japan	A	A	mixed, 2-3 seriate	P	1 seriate (50-60 cells)	A	cupress oid	A
<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



การเปรียบเทียบตัวอย่างกับพืชปัจจุบัน

ในการศึกษาและเปรียบเทียบไม้กลายเป็นหินครั้งนี้ ไม่สามารถเข้าถึงตัวอย่างพืชปัจจุบันได้ทั้งหมด จึงทำการเปรียบเทียบตัวอย่างโดยการใช้ 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 (Ilic, 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 (Ilic, 1995)

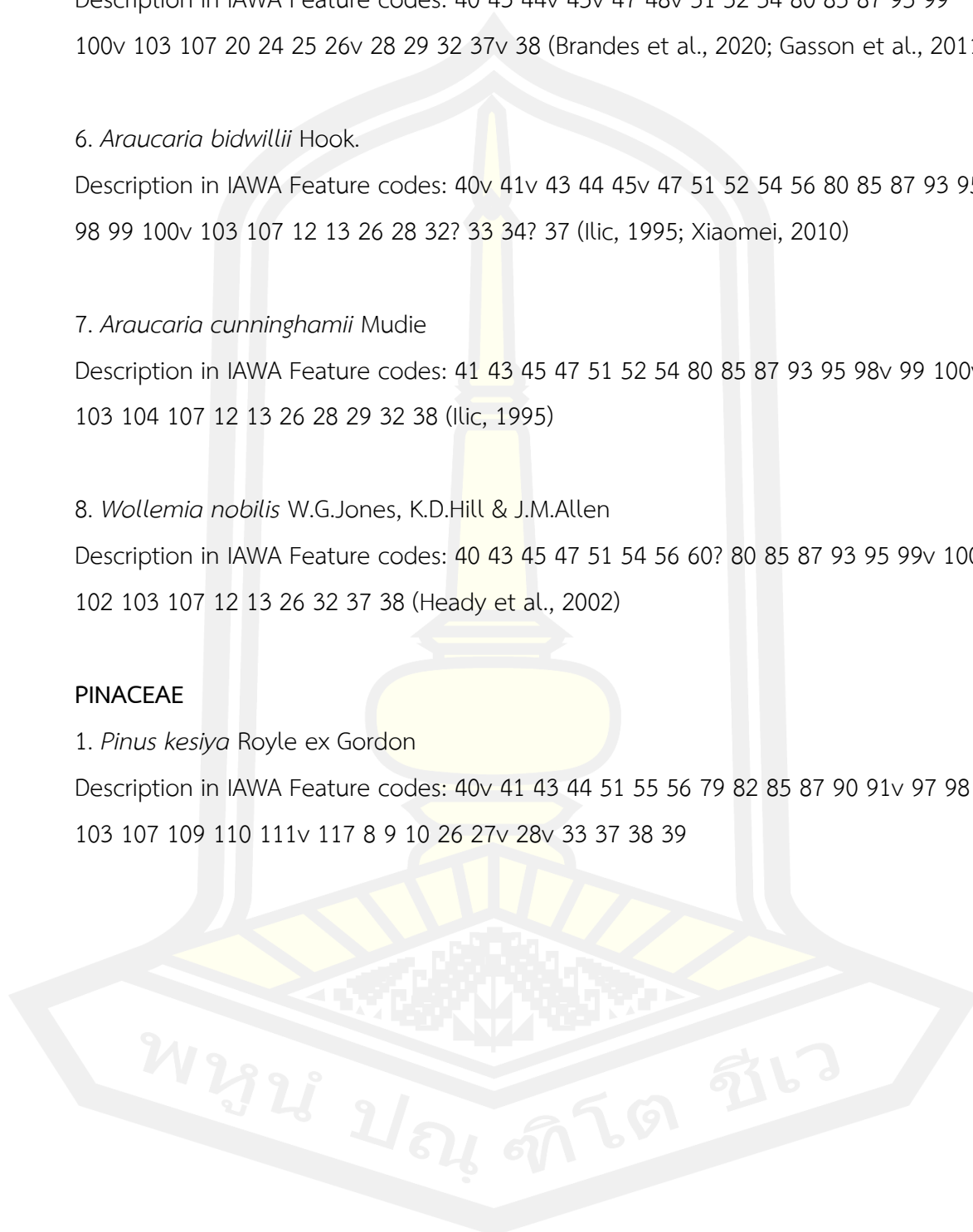
8. *Wollemia nobilis* W.G.Jones, K.D.Hill & J.M.Allen

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	ภณิษดา ศรีคำภา
วันเกิด	16 พฤศจิกายน 2536
สถานที่เกิด	จังหวัดร้อยเอ็ด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	173 หมู่ที่ 1 ตำบลพนมไพร อำเภอพนมไพร จังหวัดร้อยเอ็ด 45140
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2548 ประถมศึกษา โรงเรียนบ้านพนมไพร จังหวัดร้อยเอ็ด พ.ศ.2551 มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กาฬสินธุ์ พ.ศ.2554 มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย กาฬสินธุ์ พ.ศ.2558 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ.2564 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พหุบัณฑิต ชีวะ