



พืชสกุลทางไหล (วงศ์ถั่ว) ชนิดใหม่ และหลักฐานยืนยันทางสัณฐานวิทยา สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ
และพฤกษเคมี



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาชีววิทยา แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต

ภาควิชาชีววิทยา

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

พืชสกุลหางไหล (วงศ์ถั่ว) ชนิดใหม่ และหลักฐานยืนยันทางสัณฐานวิทยา สายสัมพันธ์ทาง
วิวัฒนาการ และพฤษเคมี



โดย
นายพันธ์วริศ บุญประจันทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาชีววิทยา แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต

ภาควิชาชีววิทยา

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

THE NEW *DERRIS* SPECIES (FABACEAE) ENSURED BY MORPHOLOGICAL,
PHYLOGENETIC, AND PHYTOCHEMICAL EVIDENCES



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Master of Science (BIOLOGY)
Department of BIOLOGY
Silpakorn University
Academic Year 2023
Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	พืชสกุลหางไหล (วงศ์ถั่ว) ชนิดใหม่ และหลักฐานยืนยันทาง
	สัณฐานวิทยา สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ และพฤษเคมี
โดย	นายพันธ์วิศ บัญประจันทร์
สาขาวิชา	ชีววิทยา แผนก ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโท
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยศเวช สิริจามร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรัณยพร มากทรัพย์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

	คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นรงค์ ฉิมพาลี)	
พิจารณาเห็นชอบโดย	
	ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. กุลนาถ ออบสุวรรณ)	
	อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยศเวช สิริจามร)	
	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรัณยพร มากทรัพย์)	
	ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รองศาสตราจารย์ ดร. จรัล ลีรัตวิวงศ์)	

630720023 : ชีววิทยา แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโท

คำสำคัญ : ชนิดใหม่, สกุลหางไหล, สันฐานวิทยา, ลายพิมพ์เอชพีแอลซี, สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ
เชิงอนุชีววิทยา

นาย พันธุ์วิศ บัญประจันทร์: พืชสกุลหางไหล (วงศ์ถั่ว) ชนิดใหม่ และหลักฐานยืนยันทาง
สันฐานวิทยา สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ และพฤกษเคมี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผู้ช่วย
ศาสตราจารย์ ดร. ยศเวท สิริจามร

Derris rubricosta Boonprajan & Sirich. (เครือไหลสีรดวงศ์) พืชสกุลหางไหลชนิดใหม่
ได้รับการค้นพบในบริเวณคาบสมุทไทย โดยผลจากการศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้ได้เผยให้เห็นว่าพืช
ชนิดดังกล่าวมีลักษณะทางสันฐานวิทยาอันเป็นเอกลักษณ์เฉพาะหลายลักษณะ เช่น เส้นกลางใบย่อย
ของใบที่เจริญเต็มที่แล้วมีสีแดง ก้านชูอับเรณูมีขนประปรายและปรากฏเด่นชัดบริเวณฐานของอับเรณู
นอกจากนี้ ลักษณะทางกายวิภาคของผิวใบยังมีความแตกต่างจากชนิดอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด เช่น การ
ปรากฏของขนต่อมและขนที่มีสองเซลล์ อีกทั้งลายพิมพ์เอชพีแอลซีของสารพฤกษเคมีของพืชชนิด
ใหม่นี้ยังมีความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับหางไหลชนิด (*D. pubipetala*) ที่เลือกมาใช้เปรียบเทียบ
ด้วยเช่นกัน การวิเคราะห์สายวิวัฒนาการจากเครื่องหมายโมเลกุลรวม (*trnK-matK*, *trnL-F* IGS และ
ITS/5.8S) แสดงให้เห็นว่าพืชชนิดนี้มีตำแหน่งทางสายวิวัฒนาการที่แยกจากสายวิวัฒนาการของชนิด
อื่น ๆ ในสกุลหางไหลอย่างชัดเจน โดย 2 ประชากรจากจังหวัดสงขลาซึ่งเป็นแหล่งเก็บตัวอย่าง
ต้นแบบเป็นกลุ่มที่มาจากบรรพบุรุษเดียวกันและมีค่าสนับสนุนวงศาวานที่สูง จึงได้กำหนดให้ 2
ประชากรดังกล่าวนี้เป็นพืชชนิดเดียวกันและมีสถานะเป็นชนิดใหม่ และคำระบุชนิด “*rubricosta*”
แสดงถึงเส้นกลางใบย่อยที่ยังมีสีแดงในใบที่เจริญเต็มที่แล้ว ซึ่งไม่พบในชนิดอื่นของสกุลหางไหล

630720023 : Major (BIOLOGY)

Keyword : new species, *Derris*, morphology, HPLC fingerprint, molecular phylogeny

MR. Punvarit BOONPRAJAN : The new *Derris* species (Fabaceae) ensured by morphological, phylogenetic, and phytochemical evidences Thesis advisor : Assistant Professor Yotsawate Sirichamorn, Ph.D.

Derris rubricosta Boonprajan & Sirich. (Khrua lai leeratiwong) is a new species of the genus *Derris* Lour. discovered from peninsular Thailand. Results from this thesis revealed several distinctive morphological characteristics of this particular *Derris* species. For example, the midrib of the fully developed leaflets has reddish coloration, filaments are sparsely hairy, prominent hairs are observed at the anthers' base. Additionally, the anatomical characteristics of the leaf epidermis differ noticeably from other species, e.g. presence of glandular and bicellular non-glandular hairs. Furthermore, the HPLC fingerprints of this new species also differs from its comparable species, *D. pubipetala*. Phylogenetic analyses using of combined molecular markers (*trnK-matK*, *trnL-F* IGS and ITS/5.8S) demonstrated the distinct evolutionary lineage, clearly separated from other species within the genus. Two populations from Songkhla Province, the type locality, exhibited high support for its monophyly and were designated as the same species new to science. The specific epithet "*rubricosta*" refers to the remarkable reddish midrib of the mature leaflets, a characteristic not found in other species of *Derris*.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่องพืชสกุลทางไหล (วงศ์ถั่ว) ชนิดใหม่ และหลักฐานยืนยันทางสัณฐานวิทยา สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ และพฤษเคมีฉบับนี้ ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยสำหรับนักศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต เพื่อเป็นผู้ช่วยวิจัย (สัญญาเลขที่ SCSU-STA-2564-02) จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร และสำเร็จจุลลงไปด้วยดีจากความช่วยเหลือของบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณบุคคลที่มีความสำคัญในงานวิจัยดังนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยศเวท สิริจามร ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก สำหรับคำแนะนำความคิดเห็นในแง่มุมต่าง ๆ อีกทั้งแนวทางแก้ไขปัญหา ตลอดจนระยะเวลาตรวจสอบข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในระหว่างการทำนิพนธ์และเขียนเล่มวิทยานิพนธ์ รวมถึงการสนับสนุนการเข้าร่วมการนำเสนอผลงานทางวิชาการ ทำให้ผู้วิจัยได้มีโอกาสเรียนรู้ พัฒนาทักษะที่จำเป็น และเปิดโลกทัศน์ในด้านงานวิจัยมากขึ้นจากเดิม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัณยพร มากทรัพย์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาสารพฤษเคมีในพืชและการแก้ไขเล่มวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรารธนา เผือกวิไล คณะกรรมการสอบพิจารณาหัวข้อวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.กุลนาถ ออบสุวรรณ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและแนวทางเพิ่มเติมในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จรัส สิริตวงค์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้ความกรุณาในการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึงความอนุเคราะห์ตัวอย่างที่ใช้ศึกษาในงานวิจัย ความช่วยเหลือในทุกด้านระหว่างการออกภาคสนาม เก็บตัวอย่างพืชในพื้นที่จังหวัดสงขลาและข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนวัฒน์ เขาวสุก สำหรับความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในขั้นตอนการวิเคราะห์สายวิวัฒนาการเชิงอนุชีววิทยาของผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณ อาจารย์หิรัญรัตน์ สุวรรณนที นายวิฑูรย์ วรรณชนะนิตย์ นางสาวสุธีกานต์ สิงห์ยม และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร สำหรับความอนุเคราะห์ในขั้นตอนต่าง ๆ ของการศึกษาโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูงหรือเอชพีแอลซีและการถ่ายภาพสัณฐานวิทยาของผิวใบพืชด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่หน่วยพิทักษ์ป่าผาดำ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้าง และเจ้าที่ประจำน้ำตกกรุงชิง อุทยานแห่งชาติเขาลง สำหรับความอนุเคราะห์ การอำนวยความสะดวก และอนุญาตให้สามารถเก็บตัวอย่างพรรณไม้เพื่อใช้ศึกษาในหัวข้อต่าง ๆ ของผู้วิจัย

นอกจากนี้ ขอขอบคุณพันธมิตรของผู้วิจัยทุกคนที่คอยแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มุมมอง และมีส่วนช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

สุดท้าย ผู้วิจัยขอขอบคุณครอบครัว ซึ่งเสมือนเป็นอีกแรงขับเคลื่อนที่สำคัญตลอดการทำงานวิจัยรวมถึงคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

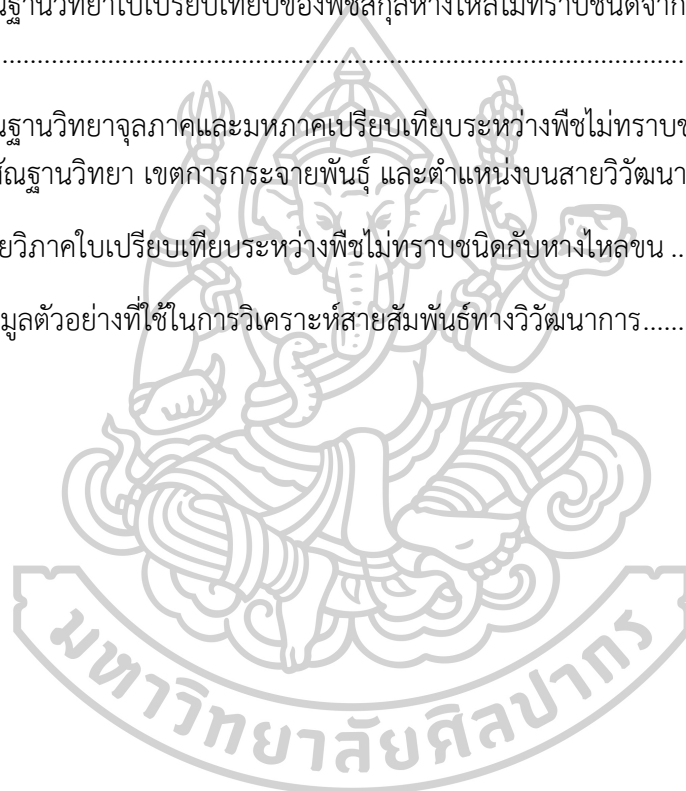
สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
วัตถุประสงค์.....	2
ขอบเขตการศึกษา.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
สัณฐานวิทยาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางอนุกรมวิธานของพืชกลุ่มคล้ายคลึงสกุลหางไหล.....	4
ข้อมูลทางชีวโมเลกุลกับความชัดเจนทางอนุกรมวิธานของพืชกลุ่มคล้ายคลึงสกุลหางไหล.....	7
เขตการกระจายพันธุ์ของกลุ่มพืชคล้ายคลึงสกุลหางไหล.....	14
ความสำคัญของสัณฐานวิทยาต่องานทางด้านพฤกษอนุกรมวิธาน.....	16
ความสำคัญของกายวิภาคต่องานทางด้านพฤกษอนุกรมวิธาน.....	19
ความสำคัญของพฤกษเคมีต่องานทางด้านพฤกษอนุกรมวิธาน.....	22
บทที่ 3 วิธีการศึกษา.....	30
อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี.....	30
วิธีการศึกษา.....	37
การเก็บตัวอย่างพืช.....	37

การทำตัวอย่างพีชอัดแห้ง.....	37
การศึกษาสัณฐานวิทยา.....	38
การศึกษาสารประกอบทางเคมีในพืชหรือพฤษเคมี.....	43
การศึกษาสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ.....	44
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	50
การศึกษาสัณฐานวิทยา.....	50
การศึกษาสารพฤษเคมี.....	73
การศึกษาสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ.....	78
ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์.....	84
บทที่ 5 อภิปราย สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ.....	87
อภิปรายผลการศึกษา.....	87
การศึกษาสัณฐานวิทยา.....	87
ลักษณะที่ไม่เกี่ยวข้องกับเพศและการสืบพันธุ์.....	87
ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับเพศและการสืบพันธุ์.....	93
การศึกษาสารพฤษเคมี.....	97
การศึกษาสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ.....	100
สรุปผลการศึกษา.....	102
ข้อเสนอแนะ.....	103
ภาคผนวก.....	105
รายการอ้างอิง.....	113
ประวัติผู้เขียน.....	137

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ประวัติการเปลี่ยนแปลงทางอนุกรมวิธานของกลุ่มพืชคล้ายคลึงสกุลหางไหล	12
ตารางที่ 2 ข้อมูลรายละเอียดตัวอย่างพืชไม่ทราบชนิดและหางไหลชน	38
ตารางที่ 3 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของไพรเมอร์สำหรับใช้เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิคพีซีอาร์	46
ตารางที่ 4 สันฐานวิทยาใบเปรียบเทียบของพืชสกุลหางไหลไม่ทราบชนิดจากประชากร 3 แหล่งเก็บ	52
ตารางที่ 5 สันฐานวิทยาจุลภาคและมหภาคเปรียบเทียบระหว่างพืชไม่ทราบชนิด กับชนิดที่มีความใกล้เคียงทางสันฐานวิทยา เขตการกระจายพันธุ์ และตำแหน่งบนสายวิวัฒนาการ; หางไหลชน	59
ตารางที่ 6 กายวิภาคใบเปรียบเทียบระหว่างพืชไม่ทราบชนิดกับหางไหลชน	71
ตารางที่ 7 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ	106



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 พีชคล้ายคลึงสกุลหางไหล	6
ภาพที่ 2 แผนภาพเครื่องหมายโมเลกุลชนิด trnL-F IGS.....	10
ภาพที่ 3 แผนภาพเครื่องหมายโมเลกุลชนิด trnK-matK.....	11
ภาพที่ 4 แผนภาพเครื่องหมายโมเลกุลชนิด ITS/5.8S.....	11
ภาพที่ 5 ฝักของพีชในสกุลหางไหล	13
ภาพที่ 6 เขตพรรณพฤกษชาติ แหล่งกำเนิด การกระจายพันธุ์ของพีชในกลุ่มคล้ายคลึงสกุลหางไหล และแหล่งที่พบการกระจายพันธุ์ของพีชสกุลหางไหลในประเทศไทย	18
ภาพที่ 7 กายวิภาคใบของกลุ่มพีชคล้ายคลึงสกุลหางไหล.....	21
ภาพที่ 8 โครงสร้างทางเคมีของโรติโนน	25
ภาพที่ 9 โครงสร้างทางเคมีของเดกุลิน	26
ภาพที่ 10 โครงสร้างทางเคมีของลูปินิโพลิน	27
ภาพที่ 11 ภาพแผนแสดงแหล่งเก็บตัวอย่าง (collection site) ของพีชไม่ทราบชนิดและหางไหลชน ในพื้นที่ทางภาคใต้ของไทย	39
ภาพที่ 12 บริเวณศึกษาบนแผ่นใบของใบย่อย.....	42
ภาพที่ 13 สันฐานวิทยาของพีชไม่ทราบชนิด	55
ภาพที่ 14 สันฐานวิทยาผิวใบภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	56
ภาพที่ 15 สันฐานวิทยาแบบมหทรรศน์และจุลทรรศน์ของดอกและใบย่อยของใบประกอบภายใต้ กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ	57
ภาพที่ 16 ภาพลายเส้นของพีชไม่ทราบชนิด	58
ภาพที่ 17 กายวิภาคผิวใบเปรียบเทียบระหว่างพีชสกุลหางไหลไม่ทราบชนิดจาก 3 ประชากร.....	63
ภาพที่ 18 กายวิภาคใบตัดขวางเปรียบเทียบระหว่างพีชสกุลหางไหลไม่ทราบชนิดจาก 3 ประชากร	64
ภาพที่ 19 กายวิภาคผิวใบเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างของหางไหลชนจาก 3 ประชากร	66

ภาพที่ 20	กายวิภาคใบตัดขวางเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างของหางไหลชนจาก 3 ประชากร.....	67
ภาพที่ 21	กายวิภาคผิวใบเปรียบเทียบระหว่างพืชไม่ทราบชนิดและหางไหลชน.....	68
ภาพที่ 22	กายวิภาคใบตัดขวางเปรียบเทียบระหว่างพืชไม่ทราบชนิดและหางไหลชน	70
ภาพที่ 23	โครมาโทแกรมสารมาตรฐาน (แยก) rotenone.....	74
ภาพที่ 24	โครมาโทแกรมสารมาตรฐาน (แยก) deguelin.....	74
ภาพที่ 25	โครมาโทแกรมสารมาตรฐาน (แยก) lupinifolin	75
ภาพที่ 26	โครมาโทแกรมสารมาตรฐานผสม rotenone, deguelin และ lupinifolin.....	75
ภาพที่ 27	โครมาโทแกรมสารมาตรฐานผสม rotenone, deguelin และ lupinifolin.....	76
ภาพที่ 28	โครมาโทแกรมสารสกัดจากรากและลำต้นของพืชไม่ทราบชนิดจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC.....	77
ภาพที่ 29	โครมาโทแกรมสารสกัดจากรากและลำต้นของหางไหลชนจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC.....	78
ภาพที่ 30	สายวิวัฒนาการจากการวิเคราะห์แบบ Maximum Parsimony Analysis (MP).....	80
ภาพที่ 31	สายวิวัฒนาการจากการวิเคราะห์แบบ Maximum Likelihood Analysis (ML).....	81
ภาพที่ 32	สายวิวัฒนาการจากการวิเคราะห์แบบ Bayesian Inference Analysis (BI).....	82
ภาพที่ 33	สายวิวัฒนาการจากการวิเคราะห์แบบ Bayesian Inference Analysis (BI).....	83
ภาพที่ 34	สัณฐานวิทยาเส้นกลางใบเปรียบเทียบ	90
ภาพที่ 35	สัณฐานวิทยาผนังรยางค์ผิวเปรียบเทียบ	91
ภาพที่ 36	สัณฐานวิทยาของช่อดอกที่พบในพืชสกุลหางไหล	94
ภาพที่ 37	สัณฐานวิทยาของดอกและรูปแบบของกลีบคู่ข้างที่พบในพืชสกุลหางไหล	96
ภาพที่ 38	โครมาโทแกรมจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC.....	99

บทที่ 1 บทนำ

พืชสกุลหางไหล (*Derris* Lour.) เป็นพืชในวงศ์ถั่ว (Fabaceae) เผ่า Millettieae เป็นที่รู้จักในฐานะกลุ่มพืชที่ให้สารโรติโนน (rotenone) ซึ่งเป็นสารพิษชีวภาพในการปราบแมลงศัตรูพืชหรือใช้เป็นยาเบื่อปลา พืชหลายชนิดในสกุลเดียวกันนี้ยังมีการใช้เป็นยาสมุนไพรอีกด้วย (Hamid, 1999; Sirichamorn et al., 2012a) ประเทศไทยมีรายงานพบพืชในสกุลดังกล่าวประมาณ 17 ชนิด จากกว่า 50 ชนิด ที่กระจายพันธุ์ในทวีปอาฟริกา เอเชีย เรื่อยไปจนถึงตอนใต้ของจีน ญี่ปุ่น และตอนเหนือของออสเตรเลีย (Adema, 2000, 2003; POWO, 2023; Sirichamorn et al., 2012a, 2014a; Sirichamorn, 2020) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ที่สำคัญของพืชสกุลนี้คือการมีวิสัยเป็นไม้เถาเลื้อย ใบประกอบแบบขนนกปลายคี่ ใบย่อยแบบเรียงตรงข้าม ดอกขนาดเล็กออกเป็นช่อ และมีฝักที่เมื่อแก่แล้วไม่แตกออกเหมือนพืชในวงศ์ถั่วทั่วไป มีลักษณะแบนบาง น้ำหนักเบา แต่เหนียวคล้ายแผ่นหนัง และมักมีครีบตลอดความยาวที่ขอบฝักข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้งสองข้าง

พืชในเผ่า Millettieae นับเป็นกลุ่มพืชที่มีปัญหาทางอนุกรมวิธานเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีความคล้ายคลึงของลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกสูง พืชหลายสกุลในกลุ่มนี้มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์บางประการร่วมกันและมีความคล้ายคลึงกับพืชสกุลหางไหลดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงอาจเรียกพืชที่มีลักษณะร่วมกันดังกล่าวว่ากลุ่มพืชคล้ายคลึงสกุลหางไหล (*Derris*-like plants) ความคล้ายคลึงของลักษณะดังกล่าวทำให้เกิดเป็นปัญหาทางอนุกรมวิธานเป็นอย่างยิ่ง

ประเทศไทยเป็นเขตที่มีความอุดมสมบูรณ์ด้านความหลากหลายของทรัพยากรทางชีวภาพ (biodiversity hotspot) ที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก มีการค้นพบพืชชนิดใหม่หรือสกุลใหม่อย่างต่อเนื่องนับจากอดีตจนถึงปัจจุบัน รวมถึงยังมีอีกหลายชนิดเช่นกันที่ยังคงรอการค้นพบและพิสูจน์เพื่อยืนยันสถานะทางอนุกรมวิธาน ดังเช่นพืชสกุลหางไหลไม่ทราบชนิดที่มีรายงานพบในพื้นที่ทางภาคใต้ บริเวณจังหวัดสงขลาและจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยในอดีตการพิจารณาสถานภาพของพืชจะเน้นไปที่ลักษณะของสัณฐานวิทยาเป็นหลัก ตามแนวความคิดของ morphological species concept ทว่าในปัจจุบันแนวความคิดดังกล่าวมีแนวโน้มเปลี่ยนไปสู่การพิจารณาความเป็นชนิดใหม่ที่เกิดจากกระบวนการทางวิวัฒนาการชาติพันธุ์ (phylogenetic species concept) (Aldhebiani, 2018) ดังนั้น การวิเคราะห์สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการจากข้อมูลเชิงอนุชีววิทยาจึงทวีบทบาทสำคัญมากยิ่งขึ้นในยุคนี้ นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ศาสตร์ดังกล่าวร่วมกับหลักฐานในเชิงสัณฐานวิทยาและองค์ความรู้ด้านอื่น เช่น กายวิภาค เรณูวิทยา หรือพฤกษเคมี สำหรับใช้พิสูจน์สถานภาพทางอนุกรมวิธานของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เป็นสิ่งมีชีวิตใหม่ที่ไม่เคยมีการค้นพบมาก่อน

การพิสูจน์สถานภาพทางอนุกรมวิธานของพืชโดยใช้วิธีการต่าง ๆ นี้ จึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยแก้ปัญหาของพฤษกอนุกรมวิธานที่เกิดขึ้น ทั้งในแง่ของการค้นหาลักษณะที่จะสามารถช่วยในการจัดจำและจัดจำแนกพืช โดยพิจารณาจากลักษณะที่มีร่วมกันในหมู่ลูกหลานและมีพื้นฐานมาจากการมีบรรพบุรุษเดียวกัน เรียกว่า synapomorphic characters (Page & Holmes, 1998) การทราบถึงสถานภาพทางอนุกรมวิธานที่ชัดเจนของพืชจะเป็นส่วนสร้างจิตสำนึกด้านการอนุรักษ์ การควบคุมหรือลดผลกระทบที่อาจทำให้พืชดังกล่าวเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ นำไปสู่แนวคิดของการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชอย่างยั่งยืน อีกทั้งยังเป็นฐานข้อมูลในการสร้างองค์ความรู้พื้นฐานเพื่อใช้ต่อยอดไปสู่ความเข้าใจในด้านต่าง ๆ ของพืชในกลุ่มนี้ให้มากขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์

1. ค้นหาลักษณะจัดจำของพืชชนิดใหม่จากลักษณะสัณฐานวิทยาแบบมหภาคและจุลสัณฐานวิทยา
2. ยืนยันสถานภาพความเป็นพืชชนิดใหม่ในสกุลหางไหลที่รายงานพบในพื้นที่ทางภาคใต้ของไทย โดยอาศัยหลักฐานทางสัณฐานวิทยา พฤษเคมี และสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ

ขอบเขตการศึกษา

สัณฐานวิทยาแบบมหรรศน์ (macromorphology) ศึกษาจากส่วนต่าง ๆ ของพืชโดยละเอียด ทั้งส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับเพศและส่วนที่เกี่ยวข้องกับเพศและการสืบพันธุ์ จุลสัณฐานวิทยา (micromorphology) ศึกษาสัณฐานวิทยาของผิวใบ กายวิภาคจากเซลล์ผิวใบ และภาคตัดขวางของแผ่นใบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการในเชิงอนุชีววิทยา (molecular phylogeny) จากลำดับนิวคลีโอไทด์บนจีโนมของคลอโรพลาสต์ (*trnK-matK* และ *trnL-F* IGS) และนิวเคลียส (ITS/5.8S) การศึกษาลายพิมพ์สารประกอบทางเคมีในพืช (phytochemistry) ของพืชไม่ทราบชนิดในสกุลหางไหลที่รายงานพบในพื้นที่ทางภาคใต้ของประเทศไทย (จังหวัดสงขลาและจังหวัดนครศรีธรรมราช) เปรียบเทียบกับชนิดที่มีความใกล้เคียงทางสายวิวัฒนาการ สัณฐานวิทยา และเขตการกระจายพันธุ์ คือหางไหลขน (*Derris pubipetala* Miq.)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบสถานภาพทางอนุกรมวิธานของพืชไม้ทราบชนิดในสกุลทางไหลที่รายงานพบในประเทศไทย
2. ได้มาซึ่งลักษณะสัณฐานวิทยา กายวิภาค และลายพิมพ์สารพฤกษเคมี ที่มีส่วนช่วยให้จดจำระบุ หรือใช้จำแนกพืชชนิดนี้ได้
3. เป็นฐานข้อมูลที่สามารถใช้เป็นความรู้พื้นฐานสำหรับต่อยอดไปสู่ความเข้าใจในแง่มุมต่าง ๆ หรือแก้ปัญหาทางอนุกรมวิธานของพืชกลุ่มนี้รวมถึงพืชกลุ่มอื่นในวงศ์เดียวกัน
4. เป็นแนวทางในการค้นหาลักษณะเฉพาะของพืชสกุลทางไหลและกลุ่มพืชคล้ายคลึงสกุลทางไหลเพิ่มเติม จากการศึกษาสารพฤกษเคมีในรูปแบบของลายพิมพ์เอชพีแอลซี
5. เป็นแนวทางในการพิสูจน์สถานภาพของพืชในระดับต่าง ๆ ทางอนุกรมวิธานด้วยหลักฐานในหลากหลายรูปแบบ
6. เป็นส่วนสร้างความตระหนักรู้หรือแนวคิดทางการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์จากพืชในด้านต่าง ๆ อย่างยั่งยืนต่อไป



บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พืชสกุลหางไหล (*Derris* Lour.) เป็นสมาชิกของพืชวงศ์ถั่ว (Fabaceae) เผ่า Millettieae เป็นที่รู้จักในฐานะกลุ่มพืชที่ให้สารพิษจำพวกฟลาโวนอยด์ (flavonoid) คือโรติโนน (rotenone) ซึ่งจะสะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ราก ลำต้น และใบ ในสัดส่วนหรือปริมาณที่ต่างกันตามแต่ละชนิด (Zubairi et al., 2014) มีการใช้สารที่สกัดจากพืชในสกุลดังกล่าวเป็นสารพิษชีวภาพที่มีฤทธิ์ในการเป็นสารปราบแมลงศัตรูพืชหรือเพื่อการเบื่อปลา (Hamid, 1999) โดยชนิดที่ได้รับความนิยมใช้อย่างแพร่หลายคือหางไหลแดงหรือโล่ตื้น [*D. elliptica* (Wall.) Benth.] และหางไหลขาวแดนใต้ (*D. montana* Benth.) (Veitch, 2007) โมเลกุลของโรติโนนสามารถดูดซึมผ่านท่อลมของแมลงหรือเหงือกของปลาได้ ส่งผลกระทบต่อกระบวนการหายใจในระดับเซลล์ของสิ่งมีชีวิตกลุ่มดังกล่าว แต่มีความเป็นพิษต่อสัตว์เลื้อยคลานด้วยนมต่ำและสามารถสลายตัวได้อย่างรวดเร็วเมื่อสัมผัสกับความชื้น อากาศ และแสงแดด จึงค่อนข้างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Cavoski et al., 2007; Robertson & Smith-Vaniz, 2008; Zubairi et al., 2015) แม้เป็นพืชที่มีสารพิษแต่มีรายงานการใช้เป็นยาสมุนไพรพื้นบ้านที่แพร่หลายในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ด้วยเช่นกัน (Hamid, 1999; Sirichamorn et al., 2012a) อาทิ หางไหลแดง (*D. elliptica*) ในประเทศไทย มีการใช้รากเป็นส่วนผสมของยากระตุ้นมดลูกหรือใช้เป็นยาขับระดู ส่วนของลำต้นสามารถใช้เป็นสมุนไพรบำรุงเลือด (รักษาฝ้าเลือด) ในอ้อยสามสวนหรือชะเอมเหนือ (*D. reticulata* Craib) มีการใช้เป็นยาขับเสมหะหรือยาระบาย ด้วยอ้อยสามสวนเป็นชนิดที่เถามีรสหวาน จึงนิยมใช้เป็นสารให้ความหวาน โดยผสมกับยาพื้นบ้านเพื่อปรุงแต่งรสให้ง่ายต่อการรับประทาน เถาตาปลา (*D. alborubra* Hemsl.) มีการใช้เป็นยารักษาหรือบรรเทาอาการข้อเข่าเสื่อมในประเทศอินเดียและอินโดนีเซีย ทุกส่วนของถอบแถบน้ำ (*D. trifoliata* Lour.) ถูกใช้เป็นสมุนไพรที่ให้สรรพคุณในการกระตุ้นหรือคลายกล้ามเนื้อและการระคายเคือง อีกทั้งยังมีฤทธิ์ป้องกันโรคที่เกี่ยวกับไขข้อ อัมพาตเรื้อรัง หรือความผิดปกติของประจำเดือน ศาสตราจารย์แพทย์แผนไทยใช้รากและลำต้นของชนิดเดียวกันนี้เป็นยาระบาย ยาขับลม และยาแก้ไออีกเสบอีกด้วย ในอวดเลือด (*D. elegans* Benth.) มีการใช้ประโยชน์จากใบที่บดละเอียดพอกเพื่อล้างพิษ ซึ่งเป็นภูมิปัญญาและความเชื่อของชนพื้นเมืองในประเทศปาปัวนิวกินี (Hamid, 1999)

สัณฐานวิทยากับการเปลี่ยนแปลงทางอนุกรมวิธานของพืชกลุ่มคล้ายคลึงสกุลหางไหล

ความซับซ้อนของกลุ่มต่าง ๆ ทางอนุกรมวิธาน (taxonomic complexity) ส่วนหนึ่งเป็นผลจากความคล้ายคลึงของลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอก ทั้งที่อาจเป็นผลจากการเกิดวิวัฒนาการเข้าสู่

จุดร่วมเดียวกัน (convergent evolution) ของสิ่งมีชีวิตต่างชนิดที่มีการเจริญเปลี่ยนแปลงมาจากต่างบรรพบุรุษกัน ต้องดำรงอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่มีปัจจัยต่าง ๆ คล้ายคลึงกัน เกิดเป็นแรงผลักดันให้มีการปรับตัวด้านสัณฐานและสรีระวิทยา (morphological and physiological adaptation) จนมีลักษณะคล้ายกันหรือเหมือนกับมีวิวัฒนาการเข้าหากันเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่เหมือนกันนั้น หรืออาจเป็นผลจากแบบแผนวิวัฒนาการ (patterns of evolution) ที่สิ่งมีชีวิต 2 กลุ่มเคยมีบรรพบุรุษร่วมกัน (common ancestor) เกิดวิวัฒนาการแยกสายออกจากกัน จนปรากฏความต่างอย่างชัดเจนขึ้น แต่เมื่อต้องกลับเข้ามาอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันในระยะเวลาที่นานเพียงพอ เป็นผลทำให้สิ่งมีชีวิตบางชนิดในแต่ละกลุ่ม มีวิวัฒนาการปรับตัวไปจนมีลักษณะคล้ายคลึงกันไปเป็นคู่ ๆ ในแบบคู่ขนาน หรือที่เรียกว่าวิวัฒนาการคู่ขนาน (parallel evolution) จนเป็นปัญหาต่อการจัดจำแนกทางอนุกรมวิธาน (Went, 1971; Yang et al., 2015; Naramoto et al., 2019; Wessinger & Hileman, 2020) พืชในเผ่า Millettieae นับเป็นตัวอย่างกลุ่มพืชที่ประสบปัญหาดังกล่าวเป็นอย่างมากกลุ่มหนึ่ง หลายสกุลในเผ่านี้ได้รับการจำแนกด้วยลักษณะของสัณฐานวิทยาที่จำเพาะเพียงไม่กี่ลักษณะ เช่น สกุลแซะยาน (*Aganope* Miq.) หรือสกุลเถาว์วัลย์เปรี๊ยะ [*Brachypterum* (Wight & Arn.) Benth.] (ภาพที่ 1) ที่ต่างมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์บางประการ คล้ายคลึงกับพืชสกุลทางไกล เช่น การมีลักษณะวิสัยเป็นไม้เถาเลื้อยมีเนื้อไม้ ใบเป็นใบประกอบแบบขนนก ปลายคี่ ใบย่อยเรียงตัวตรงข้าม ดอกมีลักษณะเป็นดอกรูปถ้วย ฝักมีลักษณะแบนบาง น้ำหนักเบา แต่เหนียวคล้ายแผ่นหนัง เมื่อแก่ไม่แตกออก และมักมีครีบริบปรากฏตลอดความยาวของขอบฝัก ข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้งสองข้าง จึงอาจเรียกพืชที่มีลักษณะร่วมกันดังกล่าวในเผ่า Millettieae ว่ากลุ่มพืชคล้ายคลึงสกุลทางไกล ซึ่งเป็นกลุ่มพืชที่ประสบปัญหาต่าง ๆ ทางอนุกรมวิธาน เช่น ลักษณะจดจำเฉพาะของสกุลหรือความยากในการระบุชื่อในระดับสกุลหรือชนิด (Geesink, 1981, 1985; Hu et al., 2000)

กลุ่มพืชคล้ายคลึงสกุลทางไกลทั้ง 3 สกุล มีลักษณะที่แตกต่างกันดังนี้ สกุลแซะยาน (*Aganope*) มีช่อดอกแบบแตกแขนง (panicle) มักมีก้านชูดอก (pedicels) ที่สั้น มีกลีบคู่ข้าง (wing petals) แยกเป็นอิสระจากกลีบคู่ล่าง (keel petals) ที่งานฐานดอก (floral disk) ประกอบไปด้วยต่อมน้ำต้อยหรือต่อมน้ำหวานรูปแท่งจำนวน 10 แท่ง เกสรเพศผู้ทั้ง 10 ของสมาชิกในสกุลนี้แยกออกเป็นสองกลุ่ม (diadelphous; 9+1) และตัวอย่างของพืชสกุลนี้มักเปลี่ยนเป็นสีดำคล้ำเมื่อผ่านกระบวนการทำให้แห้งเพื่อเก็บรักษาในพิพิธภัณฑ์พืช สกุลเถาว์วัลย์เปรี๊ยะ (*Brachypterum*) มีลักษณะสำคัญคือ มีจำนวนใบย่อยมากกว่าอีกสองสกุล มักมีหูใบย่อย (stipellae) ปรากฏที่ส่วนโคนของใบย่อยนั้น ๆ ช่อดอกเป็นแบบมีแขนงข้างเทียม (pseudoraceme, pseudopanicle) โดยดอกจะเกิดเป็นกระจุกบนแขนงข้างเทียมหรือกิ่งงั้น (brachyblast) ที่เกิดจากการลดรูปลงของแขนงข้าง

(lateral branches) โดยมักมีจำนวนดอกย่อยที่เกิดบนแขนงข้างเทียมจำนวนมาก เกสรเพศผู้ทั้ง 10 จะเชื่อมติดกันเป็นมัดเดียว (monoadelphous) จำนวนดอกมักมีลักษณะตั้งขึ้นเป็นทรงกระบอกหรือเป็นพู่โอบล้อมส่วนฐานของรังไข่ ฝักมีครีบริบที่ขอบของฝักเพียงด้านเดียว และเมื่อฝักแก่ ผนังของฝัก (pericarp) บริเวณรอบเมล็ดจะมีสีเข้มและนูนหนากว่าบริเวณอื่น เรียกลักษณะเช่นนี้ว่า seed chambers ในสกุลทางไหลพบว่ามีลักษณะที่สำคัญคือช่อดอกที่พบส่วนใหญ่ในสกุลนี้เป็นแบบมีแขนงข้างเทียมเช่นเดียวกับสกุลเถาวัลย์เปรียง แต่ก็มีจำนวนดอกต่อกิ่งงั้นน้อยกว่า เกสรเพศผู้ทั้ง 10 จะเชื่อมติดกันเป็นมัดเดียวเช่นกัน ฝักมักจะมีครีบริบทั้ง 2 ด้านของฝัก และที่ใบอ่อนมักมีสีแดงหรือสีน้ำตาลทอง



ภาพที่ 1 พืชคล้ายคลึงสกุลทางไหล (*Derris*-like plants) *Aganope thyrsoiflora* (A–D)
Brachypterum scandens (E–H) *Derris trifoliata* (I–L) ภาพโดย Charan Leeratiwong (A–D, F–L)
 Natureman Thaimountain (E)

พืชในสกุลหางไหลมีการศึกษาและตั้งชื่อขึ้นเป็นครั้งแรกโดย João de Loureiro (1790) ครั้งนั้นมีจำนวนชนิดที่ได้รับการจัดจำแนกไว้ในสกุลเพียงสองชนิด คือ หนึ่งชนิดที่เป็นชนิดต้นแบบ (type species) ของสกุลดังกล่าว คือ *D. trifoliata* หรือถอบแถบน้ำ ส่วนอีกชนิดคือ *D. pinnata* Lour. ซึ่งภายหลังพืชชนิดดังกล่าวได้รับการย้ายไปอยู่ในสกุล *Dalbergia* L.f. [= *Dalbergia pinnata* (Lour.) Prain] แล้ว ชื่อของสกุลหางไหลมาจากภาษากรีกโบราณ “**δέρρις**, *dérhis*” อันมีความหมายว่าเหนียวเหมือนแผ่นหนัง มีที่มาจากลักษณะของเปลือกฝักนั่นเอง ครั้งหนึ่งกลุ่มพืชคล้ายคลึงสกุลหางไหลได้รับการรวมไว้ด้วยกันเป็นสกุลขนาดใหญ่ในนิยามที่กว้าง เรียกว่า *Derris* sensu lato (s.l.) โดย Bentham (1860) มีการแบ่งสกุลออกเป็นหลายหมวดหมู่ย่อย (sections) รวมถึงจัดไว้ในเผ่า *Dalbergieae* จากการมีฝักแบบแห้งแล้วไม่แตก (indehiscent pods) อีกด้วย แต่ต่อมาได้มีการศึกษาทบทวนทางอนุกรมวิธาน (taxonomic revision) อีกหลายครั้งโดยนักพฤกษศาสตร์หลายท่าน และทำการย้ายสกุลหางไหลมาสู่เผ่า *Millettieae* เพราะมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาบางอย่างที่แสดงให้เห็นถึงความใกล้ชิดทางสายวิวัฒนาการกับสกุลกระพี้จั่น (*Millettia* Wight & Arn.) และสกุลใกล้เคียง (Polhill, 1981; Geesink, 1981, 1985) เช่น ลักษณะของช่อดอกแบบมีแขนงข้างเทียม กระทั่งปี 1984 ระบบการจัดจำแนกของพืชในเผ่า *Millettieae* ได้รับการศึกษาทบทวนอีกครั้งโดย Geesink (1985) ซึ่งพบถึงความไม่เหมาะสมของระบบการจัดจำแนกเดิมตามแนวคิดเดิมของ Bentham (1860) จากการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยาและพฤกษเคมีด้วยวิธีทาง phenetic and cladistic method จึงมีการลดขอบเขตของคำจำกัดความของพืชสกุลหางไหลให้แคบลงจากเดิม เรียกว่า *Derris* sensu stricto (s.s) อีกทั้ง Geesink ยังได้เสนอให้ยกระดับหมวดหมู่ย่อยต่าง ๆ ตามนิยามเดิมของ Bentham (1860) ขึ้นเป็นระดับสกุล (generic level) เทียบเท่าสกุลหางไหล เช่น สกุล *Aganope*, *Brachypterum*, *Paraderris* (Miq.) R. Geesink หรือ *Xeroderris* Roberty อีกด้วย ต่อมาระบบการจัดจำแนกมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมเล็กน้อยจากการศึกษาของ Adema (2000, 2003) โดยเสนอให้มีการรวมเอา *Xeroderris* ไว้ในสกุล *Aganope* และรวม *Brachypterum* กลับเข้าไปอยู่ในสกุลหางไหลอีกครั้ง อย่างไรก็ตาม การศึกษาทบทวนหรือการเปลี่ยนแปลงระบบการจัดจำแนกที่กล่าวมาทั้งหมดในข้างต้น ล้วนอ้างอิงมาจากการศึกษาข้อมูลทางสัณฐานวิทยาเป็นหลักทั้งสิ้น

ข้อมูลทางชีวโมเลกุลกับความชัดเจนทางอนุกรมวิธานของพืชกลุ่มคล้ายคลึงสกุลหางไหล

ปัจจุบันองค์ความรู้ทางพันธุศาสตร์โมเลกุลเข้ามามีบทบาทต่องานทางด้านพฤกษอนุกรมวิธานมากขึ้น เพื่อจุดประสงค์ในการลดข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการพิจารณาเพียงลักษณะสัณฐานวิทยาเพียงอย่างเดียว ซึ่งอาจมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นได้ง่าย เนื่องจากลักษณะของสัณฐานวิทยาในพืชหลาย

กลุ่มอาจมีความคล้ายคลึงกันมาก แม้จะมีได้มีบรรพบุรุษร่วมกันอันเนื่องมาจากการปรับตัวเข้าสู่สิ่งแวดล้อมแบบเดียวกันหรือมีพฤติกรรมในการดำรงชีวิตที่คล้ายคลึงกันจนเกิดการวิวัฒนาการเข้าสู่จุดร่วมเดียวกัน ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น นำไปสู่ความเข้าใจผิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ทั้งในทางอนุกรมวิธานและทางวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด ในกาลต่อมา กระบวนการในทางอนุกรมวิธานยุคใหม่ จึงมุ่งเน้นให้เกิดการสร้างระบบการจำแนกที่สะท้อนถึงสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่แท้จริงขึ้น ด้วยแนวความคิดเกี่ยวกับชนิดในทางสัณฐานวิทยาตั้งที่กล่าวข้างต้น มีแนวโน้มเปลี่ยนไปสู่การพิจารณาความเป็นชนิดใหม่ที่เกิดกระบวนการทางวิวัฒนาการชาติพันธุ์ (phylogenetic species concept) มีการใช้ข้อมูลทางอนุชีววิทยาและการวิเคราะห์สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ (Wojciechowski et al., 1993; Bayer & Starr, 1998; Esteban et al., 2001; Nyffeler, 2002; Edwards et al., 2008; Hou et al., 2008; Steven & Subramanyam, 2009; Chen et al., 2010; Gao et al., 2010) อันมีบทบาทสำคัญมากยิ่งขึ้นร่วมกับการใช้หลักฐานในเชิงสัณฐานวิทยา (da-Cruz et al., 2018; Rather et al., 2018; Zhang et al., 2018; Compton, 2019)

ลำดับนิวคลีโอไทด์เป็นอีกหนึ่งของรูปแบบข้อมูลที่นิยมใช้ในงานด้านอนุกรมวิธานยุคใหม่ เนื่องจากสามารถให้ลักษณะจำนวนมากในการศึกษาเพียงครั้งเดียวและเชื่อว่าลักษณะดังกล่าวได้รับผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าข้อมูลจากสัณฐานวิทยา จึงอาจแสดงถึงวิวัฒนาการที่แท้จริงออกมาได้มากกว่า (Hebert, et al., 2003; Hebert, et al., 2004; Chen, et al., 2010) ในช่วงปี 2000–2002 (Hu, 2000; Hu et al., 2000, 2002) มีการศึกษาความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของพืชกลุ่มคล้ายคลึงสกุลหางไหลขึ้น โดยใช้ข้อมูลเชิงอนุชีววิทยาจากลำดับนิวคลีโอไทด์ในคลอโรพลาสต์ จีโนม (*trnK-matK*) และในนิวเคลียร์ จีโนม (ITS/5.8S) พบว่าเผ่า *Millettieae* มาจากสายวิวัฒนาการที่หลากหลาย (polyphyletic) ประกอบด้วย 3 กลุ่มทางวิวัฒนาการ (clade) หลัก ๆ คือ *Poecilantho-Cyclobium* (Brongiartieae) group, core *Millettieae* group และ *Callerya* group โดยพืชกลุ่มคล้ายคลึงสกุลหางไหลทั้ง 3 สกุลนั้น ได้รับการจัดจำแนกแยกไว้ในกลุ่ม core *Millettieae* group จึงเป็นการพิสูจน์ได้ว่าแนวคิดเรื่องสกุลหางไหลในนิยามที่กว้างของ Bentham (1860) นั้นไม่เหมาะสม สกุลหางไหลในนิยามที่เล็กกว่าจึงมีแนวโน้มที่จะได้รับการยอมรับมากกว่า แต่ด้วยจำนวนชนิดของพืชสกุลดังกล่าวที่ใช้ในการวิเคราะห์ของ Hu และคณะ (2000, 2002) ในครั้งนั้นยังมีจำนวนน้อย จึงไม่เพียงพอที่จะสามารถสรุปได้ครอบคลุมถึงความเหมาะสมในสถานภาพทางอนุกรมวิธานของกลุ่มพืชคล้ายคลึงสกุลหางไหลได้

ในปี 2012 Sirichamorn และคณะ ได้ทำการศึกษาสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของกลุ่มพืชคล้ายคลึงสกุลหางไหล โดยเฉพาะที่มีเขตการกระจายพันธุ์ในเอเชียขึ้น ด้วยการใช้ข้อมูลทาง

อณูชีววิทยาในการวิเคราะห์อีกครั้ง จากลำดับนิวคลีโอไทด์ทั้งในส่วนของคลอโรพลาสต์ จีโนม (*trnK-matK*, *psbA-trnH* IGS และ *trnL-F* IGS) และในนิวเคลียร์ จีโนม (ITS/5.8S) พบว่าพืชสกุลเถาวัลย์เปรียงไม่ควรได้รับการจัดอยู่ในสกุลหางไหลตามคำแนะนำของ Adema (2000, 2003) เนื่องจากเป็นกลุ่มที่เป็นวงศ์วานวิวัฒนาการเดี่ยว (monophyletic group) และมาจากต่างบรรพบุรุษกันกับสกุลหางไหล โดยสกุลชะงายันพบว่าเป็นกลุ่มที่เป็นวงศ์วานวิวัฒนาการเดี่ยวเช่นกัน และมีความห่างไกลทางสายวิวัฒนาการจากสกุลหางไหลและสกุลเถาวัลย์เปรียงมาก ซึ่งเป็นไปตามแนวคิดของสกุลหางไหลในนิยามที่แคบลงของ Geesink (1985) และ Adema (2000, 2003) อีกทั้งยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Hu และคณะ (2000, 2002) ที่กล่าวว่าสกุลชะงายันและหางไหลมีที่มาจากต่างบรรพบุรุษกัน ส่วนสกุล *Paraderris* ที่แม้มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่แตกต่างจากสกุลหางไหลหลายประการ อาทิ ลักษณะโครงสร้างของดอกและช่อดอก (Geesink, 1985; Adema, 2000, 2003) เมื่อพิจารณาจากผลการวิเคราะห์สายวิวัฒนาการแล้วพบว่า แท้จริงไม่มีความแตกต่างจากสกุลหางไหลชนิดอื่น ๆ Sirichamorn และคณะ (2012b, 2014a) จึงได้เสนอให้รวม *Paraderris* ไว้เป็นเพียงชื่อพ้อง (synonym) ของสกุลหางไหลอีกครั้ง เพื่อให้เป็นกลุ่มที่เป็นวงศ์วานวิวัฒนาการเดี่ยว พร้อมกับเสนอให้คืนสถานะของสกุลเถาวัลย์เปรียงให้กลับขึ้นมาอยู่ในระดับสกุลอีกครั้ง ดังแสดงสรุปประวัติศาสตร์อนุกรมวิธานของพืชกลุ่มนี้ในตารางที่ 1

จากเนื้อความข้างต้น เห็นได้ว่าลำดับนิวคลีโอไทด์มีบทบาทอย่างมากต่อการศึกษาทบทวนพฤกษอนุกรมวิธานของพืชสกุลหางไหล จึงเป็นแนวทางให้เกิดการค้นหาหลักฐานผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลทางชีวโมเลกุลเพื่อใช้สนับสนุนสมมติฐานของการเป็นพืชชนิดใหม่หรือยืนยันสถานภาพในระดับต่าง ๆ ทางอนุกรมวิธานมากขึ้นตลอดมา (Wojciechowski et al., 2004; Gao et al., 2010, 2011; Yu et al., 2011; Sirichamorn et al., 2014a, 2014b; Compton et al., 2019; Duan et al., 2021a, 2021b, 2022; Yi et al., 2022) เครื่องหมายโมเลกุลที่ได้รับความนิยมหรือถูกเลือกใช้มักอยู่ในรูปของลำดับดีเอ็นเอบนคลอโรพลาสต์ จีโนม หรือในนิวเคลียร์ จีโนม ที่มีความยาวช่วงไม่มากนัก (สะดวกต่อการเพิ่มปริมาณ) ประกอบกับการมีลำดับนิวคลีโอไทด์ช่วงหัว-ท้ายเป็นบริเวณอนุรักษ์ (conserved region; เพื่อใช้เป็นตำแหน่งในการเข้าจับของไพรเมอร์มาตรฐาน (universal primer)) และมีคุณสมบัติของความแตกต่างกันทางพันธุกรรม (genetic variability) หรือความแปรผันของลำดับนิวคลีโอไทด์ที่มากพอที่จะสามารถใช้จำแนกพืชในระดับชนิดได้

คลอโรพลาสต์ จีโนม ประกอบด้วย large single copy (LSC) และ small single copy (SSC) เป็นส่วนหลักบนโครงสร้างทรงกลมของจีโนม มี inverted repeat คั่นระหว่างกัน LSC เป็นบริเวณที่ได้รับการอนุรักษ์หรือมีความคงที่ของลำดับนิวคลีโอไทด์ต่ำกว่าอีกบริเวณ จึงเหมาะสำหรับใช้เป็นเครื่องหมายโมเลกุลโดยเฉพาะบริเวณที่ไม่ได้รับการถอดรหัสเพื่อสร้างและ/หรือควบคุมโปรตีน

(non-coding region) เพราะบริเวณดังกล่าวมีแนวโน้มที่อัตราการเกิดวิวัฒนาการจะสูงและเร็ว (Palmer, 1991; Palmer et al., 1988; Raubeson et al., 2005; Wicke et al., 2011; Daniell et al., 2016) เช่น *trnL-F* intergenic spacer (*trnL-F* IGS) เครื่องหมายโมเลกุลชนิดนี้มีส่วนช่วยให้เกิดความชัดเจนขึ้นในสถานะทางอนุกรมวิธานของพืชในวงศ์ถั่ว (Kazemi et al., 2009; Uras et al., 2023) หรือพืชหลายชนิดหลายสกุลภายในเผ่า Millettieae นับครั้งไม่ถ้วน (Hu, 2000; Hu et al., 2000; Sirichamorn et al., 2012b, 2014a) รวมถึงพืชสกุลทางไหลด้วยเช่นกัน เครื่องหมายโมเลกุลชนิด *trnL-F* IGS มีตำแหน่งคั่นกลางระหว่างส่วนของยีนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการสร้างกรดอะมิโนลูซีน (leucine; L) และฟีนิลอะลานีน (phenylalanine; F) คือยีน *trnL* และยีน *trnF* ดังแสดงในแบบจำลองภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพเครื่องหมายโมเลกุลชนิด *trnL-F* IGS บนจีโนมของคลอโรพลาสต์และลูกรู แสดงตำแหน่งการเข้าจับของไพรเมอร์สำหรับเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิคพีซีอาร์ (ดัดแปลงจาก Taberlet et al., 1991)

trnK-matK ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเป็นบริเวณของลำดับนิวคลีโอไทด์บนคลอโรพลาสต์ จีโนม ส่วนที่เป็นยีนที่มีศักยภาพสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินความหลากหลายและใช้ศึกษาความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของพืชในเผ่า Millettieae ได้เช่นกัน (Hu, 2000; Hu et al., 2000) บริเวณดังกล่าวนี้มีตำแหน่งแทรกอยู่ระหว่างยีน *trnK* โดยประกอบด้วย *trnK*-intron ขนาบหัว-ท้ายของยีน *matK* (maturase; K) โดยยีนนี้มีหน้าที่ควบคุมการสร้างเอนไซม์ maturase ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างกรดอะมิโนไลซีน (lysine; K) (ภาพที่ 3) แม้เป็นเครื่องหมายโมเลกุลที่มีส่วนของยีนขนาดใหญ่เป็นองค์ประกอบ แต่ยีน *matK* เป็นบริเวณของลำดับนิวคลีโอไทด์ที่เพิ่มปริมาณได้ง่ายและมีอัตราการเกิดวิวัฒนาการที่เร็วกว่าเมื่อเทียบกับยีนอื่น ๆ บนคลอโรพลาสต์ จีโนม (CBOL Plant Working Group, 2009)



ภาพที่ 3 แผนภาพเครื่องหมายโมเลกุลชนิด *trnK-matK* บนจีโนมของคลอโรพลาสต์และลูกศร แสดงตำแหน่งการเข้าจับของไพรเมอร์สำหรับเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิคพีซีอาร์

(ดัดแปลงจาก Hu et al., 2000)

นอกจากลำดับนิวคลีโอไทด์บนอแกเนลล์ของคลอโรพลาสต์อย่าง *trnL-F* IGS และ *trnK-matK* จะได้รับความนิยมแล้ว การวิเคราะห์สายวิวัฒนาการของพืชในหลายครั้งมีการใช้เครื่องหมายโมเลกุลมากกว่าหนึ่งเครื่องหมายจากลำดับนิวคลีโอไทด์บนคลอโรพลาสต์และในนิวเคลียส จีโนม ร่วมกัน (Wojciechowski et al., 2004; Gao et al., 2010, 2011; Yu et al., 2011; Sirichamorn et al., 2014a, 2014b; Compton et al., 2019; Duan et al., 2021a, 2021b, 2022; Yi et al., 2022; Uras et al., 2023) ด้วยจุดประสงค์ของการเพิ่มความจำเพาะของข้อมูลในการวิเคราะห์ที่ให้เกิดความชัดเจนขึ้นในสายวิวัฒนาการของตัวอย่างพืชที่ศึกษา เครื่องหมายโมเลกุลชนิด ITS/5.8S คือหนึ่งในเครื่องหมายโมเลกุลกลุ่มดังกล่าว โดยเป็นลำดับนิวคลีโอไทด์ส่วนที่ไม่ได้รับการถอดรหัส มีตำแหน่งอยู่ในแนวเดียวกับกลุ่มดีเอ็นเอที่จะมีการถอดรหัส (coding region) เป็นไรโบโซมอลอาร์เอ็นเอ (ribosomal RNA) ซึ่งประกอบด้วยยูนิต 1.8S, 5.8S และ 26S ribosomal RNA subunits (rDNA) โดยมี ITS1 (คั่นระหว่างยูนิต 18S กับ 5.8S) และ ITS2 (คั่นระหว่างยูนิต 5.8S กับ 26S) คั่นอยู่ โดยเครื่องหมายโมเลกุลชนิด ITS/5.8S นี้ มีเพียง ITS1, 5.8S และ ITS2 เป็นส่วนประกอบเท่านั้น (ภาพที่ 4) แม้ส่วนของ ITS ทั้งสองบริเวณจะไม่ได้เกิดการสังเคราะห์โปรตีนขึ้น แต่เป็นเสมือนตัวช่วยให้เกิดการรวมตัวเป็นไรโบโซมอลอาร์เอ็นเอที่สมบูรณ์จนเกิดการสร้างโปรตีนขึ้นได้ในที่สุด



ภาพที่ 4 แผนภาพเครื่องหมายโมเลกุลชนิด ITS/5.8S บนจีโนมของนิวเคลียสและลูกศร แสดงตำแหน่งการเข้าจับของไพรเมอร์สำหรับเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิคพีซีอาร์

(ดัดแปลงจาก White et al., 1990)

แม้องค์ความรู้ดังกล่าวจะมีส่วนช่วยแก้ไขปัญหาทางอนุกรมวิธานและทำให้สกุลทางไหลอยู่ในนิยามที่เป็นกลุ่มวงศ์วานวิวัฒนาการเดี่ยวแล้วก็ตาม (Sirichamorn et al., 2012b) แต่ลักษณะทาง

สัณฐานวิทยาที่ใช้จัดจำกลุ่มทางวิวัฒนาการ (synapomorphies) นั้น มีเพียง 2 ลักษณะเท่านั้น สำหรับพืชสกุลนี้คือ การมีลักษณะวิสัยเป็นไม้เถาและการที่ฝักประกอบด้วยครีบบนขอบทั้งสองด้าน นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะของครีบบนขอบฝักนั้นเป็นลักษณะที่ไม่คงที่ มีความผันแปรไปในบางชนิดของสกุลหางไหล (Sirichamorn et al., 2014c) (ภาพที่ 5) เช่น ในหางไหลขาวแดนใต้ (*D. montana*) และสมาชิกใหม่ของสกุลหางไหลที่ได้รับการเสนอให้ทำการย้ายสกุลโดย Song และ Pan (2022) เมื่อปีที่ผ่านมาจากเดิมที่อยู่ในสกุล *Millettia* คือ *Derris taiwaniana* (Hayata) Z.Q. Song [เดิม *Millettia pachycarpa* Benth.] และ *Derris entadoides* (Z. Wei) Z.Q. Song. [เดิม *Millettia entadoides* Z. Wei] ทั้งหมดล้วนมีฝักที่บวมพองและไม่ปรากฏครีบบนขอบฝักดังที่พบในชนิดอื่น ๆ ของสกุล เป็นผลส่วนหนึ่งที่ทำให้ลักษณะในภาพรวมและคำจำกัดความของสกุลหางไหลในปัจจุบันเปลี่ยนไปจากเดิม การค้นพบ synapomorphies จากข้อมูลรูปแบบอื่น จึงอาจมีส่วนช่วยในการจัดจำ ใช้จำแนก และระบุชนิดของพืชในสกุลนี้ให้ดียิ่งขึ้นได้ อีกทั้งการศึกษาครั้งนั้นเมื่อปี 2012 ยังมีส่วนช่วยในการยืนยันสถานภาพของพืชชนิดใหม่ในสกุลหางไหล 3 ชนิดด้วยคือ หางไหลใบเกลี้ยง (*D. glabra* Sirich.) และตาปลาตะวันออกหรือหางไหลบูรพา (*D. pseudomarginata* Sirich.) ที่ระบุไว้ในการศึกษาทบทวนเชิงสัณฐานวิทยาที่ตีพิมพ์ก่อนหน้านี้ในปีเดียวกัน (Sirichamorn et al., 2012a) รวมถึงหางไหลเขียว (*D. solorioides* Sirich. & Adema) ที่มีกรตีพิมพ์ขึ้นอีกครั้งในสองปีต่อมาด้วย (Sirichamorn et al., 2014b)

ตารางที่ 1 ประวัติการเปลี่ยนแปลงทางอนุกรมวิธานของกลุ่มพืชคล้ายคลึงสกุลหางไหล (*Derris*-like plants; ยศเวท สิริจามร, 2563)

Bentham (1860)	Geesink (1984)	Adema (2000)	Da Silva et al. (2012)	Sirichamorn et al. (2012b, 2014b)	Present (ภายหลังชื่อ <i>Brachypterum</i> ได้รับการอนุรักษ์ไว้เหนือชื่อ <i>Solori</i>)
Genus <i>Derris</i> s.l.					
Sect. <i>Aganope</i>	Genus <i>Ostryocarpus</i> (including <i>Aganope</i> , <i>Ostryoderris</i> , and <i>Xeroderris</i>)	Genus <i>Ostryocarpus</i> Genus <i>Aganope</i> (including <i>Ostryoderris</i> and <i>Xeroderris</i>)		Genus <i>Ostryocarpus</i> Genus <i>Aganope</i> (including <i>Ostryoderris</i> and <i>Xeroderris</i>)	Genus <i>Ostryocarpus</i> Genus <i>Aganope</i> (including <i>Ostryoderris</i> and <i>Xeroderris</i>)
Sect. <i>Brachypterum</i>	Genus <i>Brachypterum</i>	Genus <i>Derris</i> s.s.		Genus <i>Solori</i>	Genus <i>Brachypterum</i>
Sect. <i>Dipteroderris</i>	Genus <i>Derris</i> s.s.	Genus <i>Derris</i> s.s.		Genus <i>Derris</i> s.s.	Genus <i>Derris</i> s.s.
Sect. <i>Euderris</i>					
Ser. <i>Americanae</i>	Genus <i>Deguelia</i>	Genus <i>Lonchocarpus</i>	Genus <i>Deguelia</i>	Genus <i>Deguelia</i>	Genus <i>Deguelia</i>
Ser. <i>Asiaticae</i>	Genus <i>Derris</i> s.s.	Genus <i>Derris</i> s.s.		Genus <i>Derris</i> s.s.	Genus <i>Derris</i> s.s.
Sect. <i>Paraderris</i>	Genus <i>Parderris</i>	Genus <i>Parderris</i>		Genus <i>Derris</i> s.s.	Genus <i>Derris</i> s.s.

หมายเหตุ; s.l. = sensu lato, s.s. = sensu stricto, Sect. = Section, Ser. = Series



ภาพที่ 5 ฝักของพืชในสกุลหางไหล; *D. montana* (A) *D. elegans* (B) *D. elliptica* (C) *D. taiwaniana* (D) *D. alborubra* (E) *D. amoena* (F) *D. entadoides* (G) *D. trifoliata* (H) *D. glabra* (I) *D. tonkinensis* (J) *D. cuneifolia* (K) *D. pseudomarginata* (L) *D. solorioides* (M) *D. laotica* (N) *D. reticulata* (O) *D. ferruginea* (P) *D. pubipetala* (Q) ภาพโดย Charan Leeratiwong (A-C, F, H-I, L) eFlora of India (D) Yotsawate Sirichamorn (E, N) Herbarium of the Arnold Arboretum of Harvard University (G) Punvarit Boonprajan (J, M, O, Q) National Museum of Natural History (K) Royal Botanic Gardens (P)

เขตการกระจายพันธุ์ของกลุ่มพืชคล้ายคลึงสกุลหางไหล

เขตการกระจายพันธุ์ของกลุ่มพืชคล้ายคลึงสกุลหางไหลส่วนใหญ่อยู่ในเขตร้อน เฉพาะอย่างยิ่งในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ประเทศไทยมีรายงานพบพืชสกุลหางไหลและสกุลใกล้เคียงมากถึง 24 ชนิด (Sirichamorn et al., 2012a; Sirichamorn, 2020) ถือเป็นเขตการกระจายที่มีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ (species diversity) สูงแห่งหนึ่งของโลก ข้อมูลจากหนังสือพรรณพฤกษชาติประเทศไทย (Flora of Thailand) ของพืชวงศ์ถั่ว ฉบับที่ 4 (3.2 LEGUMINOSAE-PAPILIONOIDEAE) รายงานว่าสมาชิกในสกุลชะย่านมีจำนวน 3 ชนิด คือ ตังตัน [*A. balansae* (Gagnep.) P.K. Lôt] ตังเจ็ดใบ [*A. heptaphylla* (L.) Polhill] และชะย่านหรือตังเม [*A. thrysiflora* (Benth.) Polhill] ส่วนสกุลใหม่อย่างสกุลเถาว์ล้วยเปรียงพบ 4 ชนิด คือ แปรงป็น (*B. microphyllum* Miq.) ฮางคาว [*B. robustum* (Roxb. ex DC.) Dalzell & A. Gibson] เถาว์ล้วยเปรียง [*B. scandens* (Roxb.) Miq.] และเถาดับปลา [*B. thorelii* (Gagnep.) Sirich. & Adema] และในสกุลหางไหลเองมีอย่างน้อย 17 ชนิด ที่มีการกระจายพันธุ์ในพื้นที่ของประเทศไทย (ภาพที่ 6) ประกอบด้วย เถาดับปลา (*D. alborubra*) ย่านสาวดำ (*D. amoena* Benth.) หางไหลขาวเมืองเหนือ (*D. cuneifolia* Benth.) อวดเลือด (*D. elegans*) หางไหลแดง (*D. elliptica*) หางไหลทองแดง (*D. ferruginea* (Roxb.) Benth.) หางไหลใบเกลี้ยง (*D. glabra*) หางไหลเมืองลาว (*D. laotica* Gagnep.) ตังเม (*D. marginata* (Roxb.) Benth.) หางไหลขาวแดนใต้ (*D. montana*) หางไหลพม่า (*D. monticola* (Kurz) Prain) ตาปลาตะวันออก (*D. pseudomarginata*) หางไหลขน (*D. pubipetala*) อ้อยสามสวน (*D. reticulata*) หางไหลเขียว (*D. solorioides*) ตาปลาป่าปูน (*D. tonkinensis* Gagnep.) และถอบแถบน้ำ (*D. trifoliata*) จากกว่า 50 ชนิด ที่กระจายพันธุ์อยู่ในทวีปอาฟริกา เอเชีย เรื่อยไปจนถึงตอนใต้ของจีน ญี่ปุ่น และตอนเหนือของออสเตรเลีย (Adema, 2000, 2003; Sirichamorn et al., 2012a, 2014a) พืชในสกุลหางไหลมักเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ติดกับแหล่งน้ำ จึงเป็นไปได้ว่าพืชในสกุลนี้ค่อนข้างมีการปรับตัวได้ดีในสิ่งแวดล้อมใหม่ที่เกี่ยวข้องกับน้ำและมีการใช้น้ำเป็นปัจจัยหลักในการแพร่กระจายพันธุ์ จากคุณสมบัติของฝักที่มีน้ำหนักเบาและลอยน้ำได้ เปลือกฝักที่แข็งและเหนียวป้องกันไม่ให้น้ำเข้าสู่ตัวเมล็ด ยังทำให้ฝักสามารถอยู่ในน้ำได้ระยะเวลาหนึ่ง นอกจากนี้ยังอาจใช้ลมเป็นพาหะได้ด้วยเช่นกัน แต่ด้วยขนาดของครีบฝักที่มีขนาดเล็กจึงมีความสำคัญในการเป็นพาหะช่วยแพร่กระจายพันธุ์น้อยกว่าเมื่อเทียบกับน้ำ (Sirichamorn et al., 2014a) อย่างไรก็ตาม พืชบางชนิดในกลุ่มนี้สามารถเจริญเติบโตได้แม้ในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำจำกัดอย่างในบริเวณภูเขาหินปูน โดยสามารถพบพืชในสกุลดังกล่าวได้ถึงสองชนิด คือตาปลาป่าปูน (*D. tonkinensis*) และหางไหลเขียว (*D. solorioides*) และเช่นเดียวกัน สกุลที่มีลักษณะใกล้เคียงกับสกุลหางไหลอย่างสกุลชะย่าน ต่างก็เจริญเติบโตในพื้นที่เปิดโล่งและใกล้แหล่งน้ำ ส่วนสกุลเถาว์ล้วยเปรียงนั้น สามารถทนต่อสภาวะน้ำน้อยหรือสภาพแห้งแล้งได้ดีกว่าสองสกุลที่กล่าวข้างต้น

อีกทั้งพบว่ามีเขตการกระจายพันธุ์ที่กว้างกว่า สามารถพบได้ทั้งในพื้นที่การเกษตร เป็นวัชพืชในกระถางต้นไม้ ขึ้นตามเส้นทางคมนาคม หรือพื้นที่รูปแบบอื่นที่ถูกรบกวนโดยมนุษย์ รวมถึงพื้นที่แห่งแล้งห่างไกลจากแหล่งน้ำ

ประเทศไทยเป็นเขตที่มีความอุดมสมบูรณ์ด้านความหลากหลายของทรัพยากรทางชีวภาพที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก มีตำแหน่งที่ตั้งเป็นเขตบรรจบกันของกลุ่มพรรณพฤกษชาติ (floristic regions) ที่สำคัญถึง 3 เขต (Indo-Burmese, Indo-Chinese และ Malesian) (van Welzen et al., 2011) (ภาพที่ 6) มีการค้นพบพืชชนิดใหม่หรือสกุลใหม่ ๆ อย่างต่อเนื่องนับจากอดีตจนถึงปัจจุบัน หลายชนิดมีสถานะเป็นสิ่งมีชีวิตถิ่นเดียว (endemic species) มีการกระจายพันธุ์แคบเฉพาะในประเทศไทยเท่านั้น (van Welzen & Chayamarit, 2001; Pooma, 2005; Simpson et al., 2005; Eiadthong, 2008; Traiperm & Staples, 2014) พืชในสกุลหางไหลเอง มีประมาณ 4 ชนิดที่มีสถานะเป็นพืชถิ่นเดียวที่พบเฉพาะในประเทศไทย (Sirichamorn et al., 2012a) ได้แก่ หางไหลใบเกลี้ยง (*D. glabra*) ตาปลาตะวันออก (*D. pseudomarginata*) อ้อยสามสวน (*D. reticulata*) และหางไหลเขียว (*D. solorioides*)

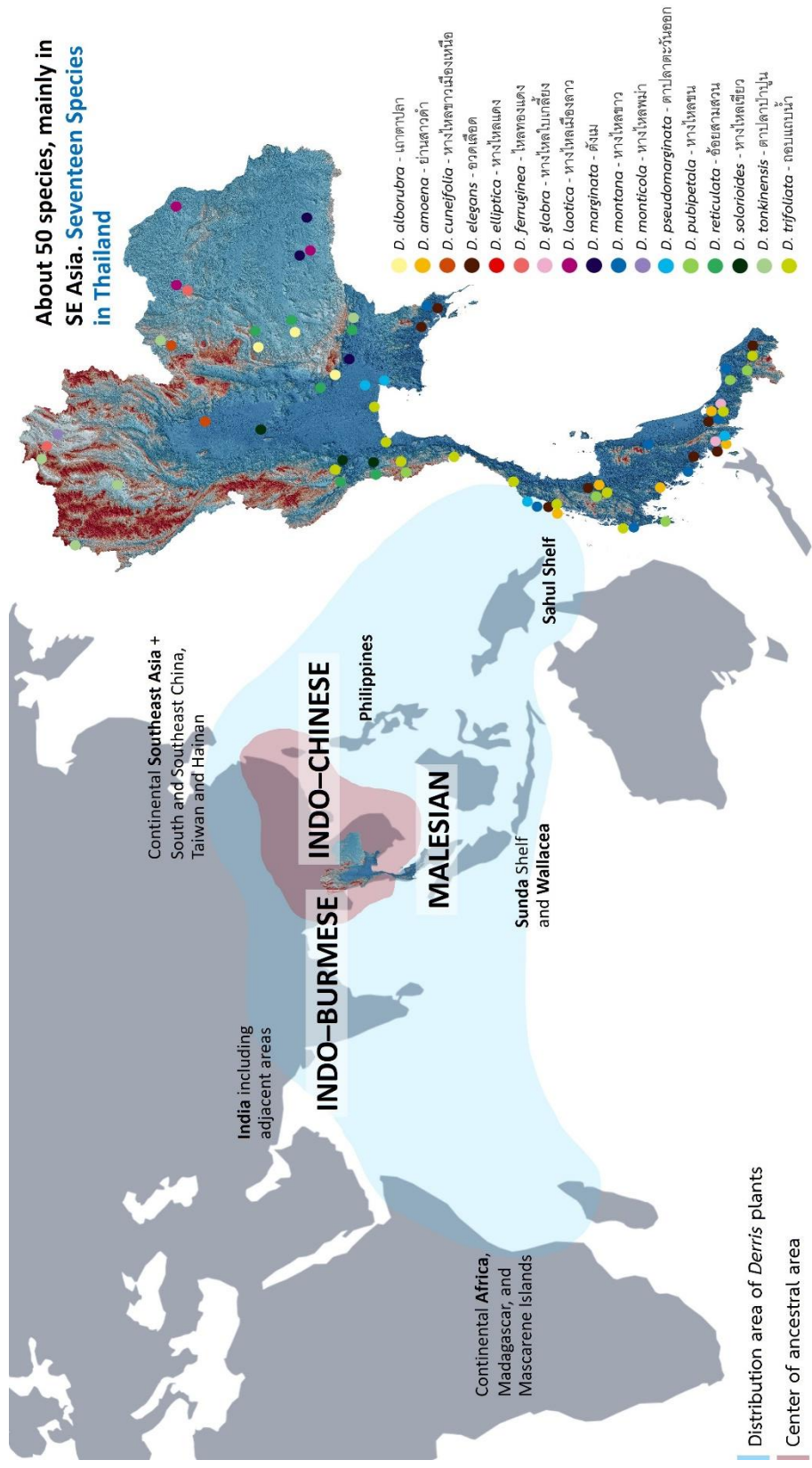
ภาคใต้ของประเทศไทยเป็นส่วนเชื่อมต่อกับประเทศมาเลเซีย ถูกปกคลุมด้วยผืนป่าขนาดใหญ่บนเขตชีวภูมิศาสตร์แบบป่าฝนเขตร้อนหรือที่เรียกว่า ป่าฝนแบบมาลายัน (malayan rain forest) (Wikramanayake et al., 2002) ครอบคลุมพื้นที่ธรรมชาติที่สำคัญหลายแห่ง เช่น เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าฮาลา-บาลา ผืนป่าขนาดใหญ่และระบบนิเวศที่อุดมสมบูรณ์ที่สุดแห่งหนึ่งของประเทศไทย เป็นถิ่นที่อยู่ของพืชและสัตว์เฉพาะถิ่นที่หายากและหลากหลาย (ICEM, 2003) ส่วนหนึ่งด้วยสถานการณ์ความรุนแรงใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ทำให้การเข้าถึงยังเป็นไปได้ยาก และมีการรบกวนจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ที่ยังน้อยมากด้วย แม้ปัจจุบันก็ยังมีรายงานค้นพบพืชชนิดใหม่จากหลายกลุ่มในทางอนุกรมวิธานอย่างต่อเนื่องในผืนป่าบนคาบสมุทรไทยนี้ เช่น *Clerodendrum angustipetalum* Saththaphorn, A.J.Paton & Leerat. และ *C. peninsulare* Saththaphorn, A.J.Paton & Leerat. (Lamiaceae; Saththaphorn et al., 2021, 2022), *Goniothalamus roseipetalus* Leerat., Chalermglin & R.M.K.Saunders และ *G. sukhirinensis* Leerat., Chalermglin & R.M.K.Saunders (Annonaceae; Leeratiwong et al., 2021), *Khaosokia caricoides* D.A.Simpson, Chayam. & J.Parn. (Cyperaceae; Simpson et al., 2005), *Lasianthus ranongensis* Sinbumr. & Napiroon (Theaceae; Napiroon et al., 2021) แม้แต่พืชในวงศ์ถั่วด้วยเช่นกันคือ *Derris glabra* Sirich. (Sirichamorn et al., 2012a) และ *Millettia calcicola* Mattapha, G.P.Lewis & Hawkins (Mattapha et al., 2023)

ปัจจุบันพืชสกุลหางไหลและกลุ่มพืชคล้ายคลึงสกุลหางไหลยังมีอีกหลายชนิดรอการค้นพบและพิสูจน์เพื่อยืนยันสถานะทางอนุกรมวิธาน จากการสำรวจภาคสนามในปี 2562–2563 พบตัวอย่างพืชในวงศ์ถั่วสกุลหางไหลไม่ทราบชนิดจากพื้นที่ทางภาคใต้ของประเทศ การศึกษาสัณฐานวิทยาเบื้องต้นของผู้วิจัยพบว่า ตัวอย่างพืชไม่ทราบชนิดดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะเป็นพืชชนิดใหม่ ทว่าผลการศึกษาในครั้งนั้นยังขาดความชัดเจนบางประการ ทำให้ยังคงขาดข้อมูลที่จะสามารถสรุปได้ถึงสถานะของพืชไม่ทราบชนิดดังกล่าวอย่างแท้จริงได้ การได้มาซึ่งข้อมูลเพิ่มเติมจะช่วยยืนยันได้ถึงความเป็นชนิดใหม่และเกิดข้อสรุปที่มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้นได้

ความสำคัญของสัณฐานวิทยาต่องานทางด้านพฤกษอนุกรมวิธาน

ในอดีตการพิจารณาสถานภาพของพืชจะเน้นไปที่ลักษณะของสัณฐานวิทยาเป็นหลักตามแนวความคิดเกี่ยวกับชนิดแบบ morphological species concept ด้วยในทางปฏิบัติการจดจำพืชหรือสิ่งมีชีวิตรวมถึงกลุ่มต่าง ๆ ทางอนุกรมวิธานด้วยลักษณะที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่านั้น ทำได้สะดวกและเร็วกว่าเมื่อเทียบกับข้อมูลในรูปแบบอื่น สัณฐานวิทยาจึงเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการใช้ศึกษาเพื่อระบุหรือจำแนกแยกกลุ่มต่าง ๆ ทางอนุกรมวิธานของพืช แนวคิดนี้ได้มีการนำมาใช้พิจารณาระบุความเป็นชนิดใหม่ในพืชหลากหลายชนิดจากหลากหลายวงศ์มาโดยตลอด เช่น การยืนยันความเป็นชนิดใหม่ของ *Glochidion kaweesakii* (Pornp., Chantar. & J.Parn.) R.W.Bouman. พืชชนิดใหม่ในวงศ์ถั่ว (Fabaceae) (Pornpongrungrueng et al., 2017) หรือพืช 2 ชนิดใหม่ จาก 2 สกุลในวงศ์ผักบุ้ง (Convolvulaceae) อย่าง *Argyreia pseudosolanum* Traiperm & Suddee (Traiperm & Suddee, 2020) และ *Ipomoea suddeana* (Traiperm & Staples) J.R.I.Wood & Scotland (Traiperm & Staples, 2014) ในวงศ์ขิง (Zingiberaceae) เช่น *Scaphochlamys longipedunculata* Maknoi, Ruchis. & Jenjitt. (Ruchisansakun et al., 2020) และ *Kaempferia jenjittikuliae* Noppornch. (Nopporncharoenkul et al., 2021) ที่มีรายงานพบในพื้นที่ของประเทศไทย รวมถึงพืชในวงศ์ถั่ว (Fabaceae) อาทิ *Trifolium kentuckiense* Chapel & Vincent (Vincent, 2013), *Vigna konkanensis* Latha, K.V. Bhat, I.S. Bisht, Scariah, Joseph John & Krishnaraj (Madhavan et al., 2014) และ *Dolichos kongkandae* R. Meeboonya, Ngerns. & Balslev (Meeboonya et al., 2021) เช่นเดียวกับพืชในสกุลใกล้เคียงกับสกุลหางไหลอย่างสกุล *Millettia* ปัจจุบันหลายชนิดก็ได้รับการพิสูจน์สถานภาพด้วยลักษณะสัณฐานวิทยาเช่นกัน อาทิ *M. phuwuaensis* Mattapha & Suddee, *M. pyrrocarpa* Mattapha, Forest & Hawkins และ *M. suddeei* Mattapha & Tetsana (Mattapha et al., 2019) หรือพืชในสกุลหางไหลเอง เช่น เมื่อปี 2012 Sirichamorn และคณะ

ได้เสนอพืชชนิดใหม่ในสกุลหางไหลเพิ่มอีกสองชนิด คือหางไหลใบเกลี้ยง (*D. glabra*) และตาปลา ตะวันออก (*D. pseudomarginata*) สำหรับหางไหลใบเกลี้ยงเป็นชนิดที่ถูกรับในพื้นที่จังหวัดสงขลา มีลักษณะของสัณฐานวิทยาคลายคลึงกับ *D. spanogheana* Blume ex Miq. แต่ต่างกันที่จำนวนของใบย่อยและจำนวนดอกบนกิ่งงั้นหรือแขนงข้างเทียมที่มีจำนวนน้อยกว่า และมีขนปกคลุมตามส่วนต่าง ๆ ในปริมาณที่น้อยกว่า *D. spanogheana* ทั้งสองชนิดยังเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันด้วย กล่าวคือ *D. glabra* ที่พบในประเทศไทยนั้นเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างชื้น ส่วน *D. spanogheana* ที่กระจายพันธุ์หลักในประเทศฟิลิปปินส์ เจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้งกว่า สำหรับตาปลาตะวันออก (*D. pseudomarginata*) เป็นตัวอย่างเก่าที่เก็บโดยแฮมม โคลิน (Elia Emily Collins, 4 September 1858–c.1945) นักพฤกษศาสตร์ชาวอังกฤษ ตัวอย่างดังกล่าวได้รับการระบุชนิดผิดเป็นชะง่อน (*Aganope Thrysiflora*) จากการมีช่อดอกแบบแตกแขนงและที่ฝักปรากฏครีบบนขอบทั้ง 2 ข้าง บางตัวอย่างที่เก็บรักษาในพิพิธภัณฑ์พืชสวนพฤกษศาสตร์หลวงคิว (Royal Botanic Garden Kew) ได้รับการระบุชนิดผิดเป็นตั้งเม [*D. marginata* (Roxb.) Benth.] เช่นกัน ซึ่งทั้งหมดเป็นตัวอย่างที่ได้รับการเก็บมาจากแหล่งเดียวกันในพื้นที่ศรีราชา จังหวัดชลบุรี เมื่อมีการศึกษาโดยละเอียดพบว่าตัวอย่างดังกล่าว แท้จริงมีได้มีช่อดอกแบบแตกแขนง แต่เป็นช่อดอกแบบมีแขนงเทียม อีกทั้ง มีรายละเอียดของลักษณะต่าง ๆ ที่พบในใบย่อย (leaflets) ช่อดอก และดอกต่างจากทั้งชะง่อนและตั้งเมอย่างชัดเจน การสำรวจในปัจจุบันพบพืชชนิดดังกล่าวจากแหล่งอื่น ๆ มากขึ้น เช่น ในเขตศูนย์ศึกษาและพัฒนาเขาคันทนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดฉะเชิงเทรา และบางจังหวัดในภาคใต้ของประเทศไทย ในปี 2014 Sirichamorn และคณะ รายงานการพบพืชชนิดใหม่ในสกุลหางไหลเพิ่มเติมทางภาคกลางตอนบนของประเทศไทย ซึ่งเป็นชนิดที่ 2 ที่มีเขตการกระจายเฉพาะพื้นที่เขาคันทน คือหางไหลเขียว (*D. solorioides*) เป็นชนิดที่มีความใกล้ชิดทางสายวิวัฒนาการกับเถาตาปลา (*D. alborubra* Hemsl.) มากที่สุด แต่ลักษณะทางสัณฐานวิทยากลับแตกต่างกัน โดยที่หางไหลเขียวกลับไปมีลักษณะช่อดอกแบบแตกแขนงคล้ายกับที่พบในตั้งเม (*D. marginata*) ที่มาจากต่างบรรพบุรุษกัน แต่หางไหลเขียวมีขนาดดอกที่ค่อนข้างเล็กกว่าและจำนวนอวูลต่อรังไข่ที่มากกว่าตั้งเม ฝักมีครีบบนแค้เพียงด้านเดียวในขณะที่ตั้งเม มีครีบบนขอบทั้ง 2 ข้างของฝัก อีกทั้ง ในหางไหลเขียวยังมีรอยสีเข้มปรากฏรอบเมล็ดและมีเขตการกระจายพันธุ์เฉพาะบริเวณพื้นที่เขาคันทนอีกด้วย



ภาพที่ 6 เขตพรรณพฤกษชาติ แหล่งกำเนิด การกระจายพันธุ์ของพืชในกลุ่มคล้ายคลึงสกุลทางไหล และแหล่งที่พบการกระจายพันธุ์ของพืชสกุลทางไหลในประเทศไทย
อ้างอิงตามหนังสือพรรณพฤกษชาติของประเทศไทย (Sirichamorn, 2020) (ดัดแปลงจาก Sirichamorn et al. 2014c, Sirichamorn, 2020 และ Mitrearth)

ความสำคัญของกายวิภาคต่องานทางด้านพฤกษอนุกรมวิธาน

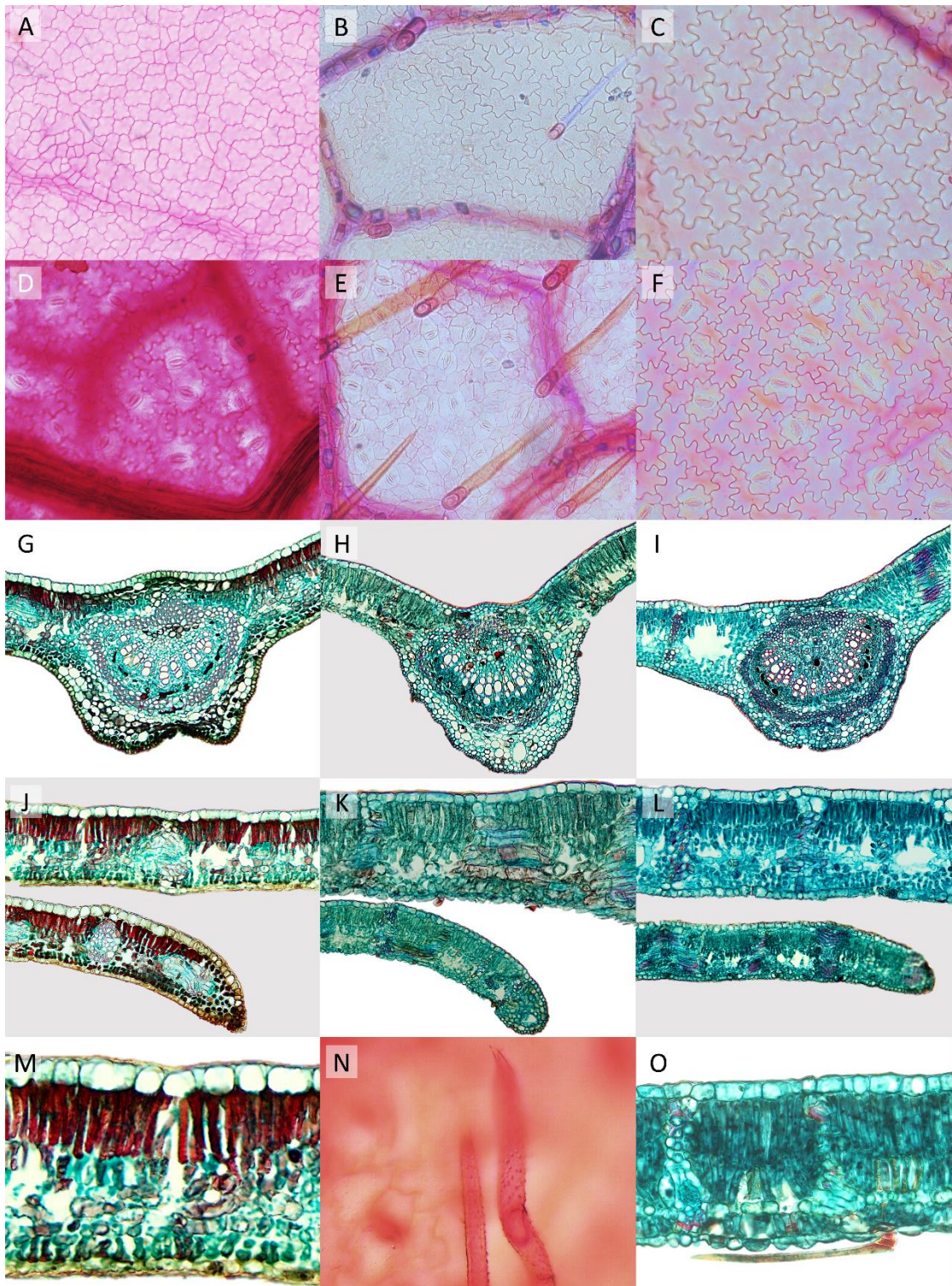
นอกจากองค์ความรู้ทางด้านสัณฐานวิทยาและข้อมูลทางชีวโมเลกุลจะสามารถใช้ร่วมกันเพื่อจุดประสงค์ต่าง ๆ ดังที่กล่าวไว้แล้วนั้น ลักษณะทางกายวิภาคบ่อยครั้งเป็นส่วนสำคัญที่สามารถช่วยในการปรับปรุงระบบการจัดจำแนกเดิม กำหนดขอบเขตของกลุ่มในระดับต่าง ๆ ทางอนุกรมวิธาน หรือใช้เป็นข้อมูลร่วมเพื่อพิจารณาสายวิวัฒนาการที่เกิดขึ้นได้เช่นกัน (Lackey, 1978; Keijner, 1981; Teixeira et al., 2000; Sehgal & Paliwal, 2008; Aworinde et al., 2009; Saheed & Illoh, 2010; Devecchi et al., 2014; Uka et al., 2014; Chitchak et al., 2018) เช่น ในปี 2014 Devecchi และคณะ ศึกษาลักษณะกายวิภาคและสัณฐานวิทยาของใบในพืชสกุลหึ่งเม่น (*Crotalaria* L.) วงศ์ถั่ว จำนวน 16 ชนิด ที่ขึ้นอยู่บริเวณพื้นที่แนวป่าชายหาดและทุ่งหญ้าเปิดโล่งทางตอนกลางของประเทศบราซิล พบว่าสามารถใช้ลักษณะจากการศึกษาภาพตัดขวางและสัณฐานวิทยาที่ปรากฏบนผิวใบ สำหรับการจัดจำแนกพืชในสกุลดังกล่าวทั้งในระดับชนิดหรือระดับ section ได้ อีกทั้งการปรากฏของสิ่งปกคลุมหรือลักษณะของเซลล์ผิวบนแผ่นใบยังสามารถใช้จัดกลุ่มต่าง ๆ ทางอนุกรมวิธานได้อีกด้วย เช่น การศึกษากายวิภาคผิวใบของใบพืชวงศ์ถั่วในเผ่า Phaseoleae โดยศึกษาสิ่งที่ปรากฏบนผิวใบ 9 ลักษณะ จากพืชทั้งหมด 87 ชนิด พบว่ามีลักษณะที่สามารถใช้จำแนกพืชในเผ่านี้ได้ออกเป็น 6 กลุ่มตามลักษณะที่พบ (Lackey, 1978) หรือในการศึกษาของ Saheed และ Illoh (2010) สามารถแยกความแตกต่างของพืชสกุล *Senna* Miller และสกุล *Chamaecrista* Moench ออกจากสกุล *Cassia* L. Emend. Gaertner ได้ด้วยลักษณะที่ปรากฏบนผิวใบเช่นเดียวกัน จากการศึกษาลักษณะกายวิภาคผิวใบของตัวแทนพืช 10 ชนิดในสกุลดังกล่าว อาทิ ขนาดของเซลล์คุม ค่าดัชนีบ่งชี้ปากใบ ความหนาแน่นของปากใบ การปรากฏหรือไม่ปรากฏของรยางค์ผิวหรือ ไทรโคม (trichome) เป็นต้น ซึ่งทั้ง 3 สกุลเป็นส่วนหนึ่งของพืชวงศ์ถั่วในเผ่าย่อย (subtribe) Cassiinae ของวงศ์ย่อย (subfamily) Caesalpinioideae นั่นเอง

การศึกษากายวิภาคของใบที่เกี่ยวข้องกับพืชสกุลหางไหลและสกุลใกล้เคียงนั้น ได้รับการศึกษาโดย ยศเวท สิริจามร เมื่อปี 2563 ที่ผ่านมา จากตัวแทนพืชบางชนิดในสกุลหางไหล สกุลแซะย่าน และสกุลเถาว์วัลย์เปรียง จำนวน 36 ตัวอย่าง จาก 21 ชนิด ที่มีเขตการกระจายพันธุ์ในพื้นที่ของประเทศไทย การศึกษาครั้งนั้น ได้มาซึ่งข้อมูลลักษณะเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณอันแสดงให้เห็นถึงนัยสำคัญทางอนุกรมวิธานที่สามารถช่วยสนับสนุนการจัดจำแนกสำหรับพืชหลายชนิดในสกุลดังกล่าว ให้มีความชัดเจนมากขึ้น เช่น หางไหลขน (*D. pubipetala*) ที่แยกจากไหลทองแดง (*D. ferruginea*) ซึ่งเดิมไม่สามารถใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาตามปรกติแยกออกจากกันได้เลย ต้องอาศัยข้อมูลทางชีวโมเลกุลหรือเขตการกระจายพันธุ์ของพืชเป็นตัวแยกเท่านั้น พบว่าสามารถแยกพืชสองชนิดนี้ออกจากกันได้ด้วยขนาดของปากใบ โดยหางไหลขนมีขนาดปากใบเล็กกว่าไหลทองแดงและมีขนาดเล็ก

ที่สุดเมื่อเทียบกับชนิดอื่น ๆ ในสกุลเดียวกันอีกด้วย (กว้างประมาณ 2.5 ไมโครเมตร และยาว 10–11 ไมโครเมตร) อีกทั้งสามารถบอกได้ถึงความต่างในภาพรวมของกลุ่มพืชคล้ายคลึงสกุลทางไหลทั้งสามสกุลได้ด้วยเช่นกัน นั่นคือการพบการสะสมสารสีปริมาณมากที่พาลีเซด มีโซฟิลล์ (palisade mesophyll) ที่จะเปลี่ยนเป็นสีดำเมื่อใบแห้ง พบเฉพาะในตัวอย่างพืชสกุลแซะย่าน ส่วนสกุลเถาว์ล้วยเปรียงนั้นจะมีขนหรือรยางค์ผิวที่ประกอบด้วย 2 เซลล์ (bicellular non-glandular trichomes) มีตุ่มหรือปุ่มขนาดเล็ก (papillate) กระจายทั่วผนังของรยางค์ผิว ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะที่ใช้แยกจากสกุลทางไหลที่ปรกติรยางค์ผิวที่พบจะเป็นแบบเซลล์เดี่ยวไม่มีตุ่มและมีผนังเรียบ (ภาพที่ 7)

การศึกษากายวิภาคใบของสมาชิกสกุลทางไหลครั้งนี้จึงอาจเป็นอีกเครื่องมือที่ช่วยตอบคำถามทั้งในด้านพฤกษอนุกรมวิธานในแง่ของการค้นหาลักษณะที่มาช่วยในการจดจำและระบุชนิดได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น หรือสามารถให้ความกระจ่างในด้านสรีระวิทยาในแง่ของการปรับตัวของพืชในถิ่นที่อยู่อาศัยซึ่งมีสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกันได้ ด้วยการพิจารณาจากจุลทรรศนะลักษณะที่ได้จากการศึกษา เช่น หากพืชเจริญในสภาวะแวดล้อมที่ได้รับแสงแดดเต็มที่ พืชจำนวนหนึ่งมักมีการปรับตัวด้านโครงสร้างเพื่อให้เหมาะสมต่อปริมาณแสงที่ได้รับ เช่น มีปากใบขนาดใหญ่ หรือความหนาของเนื้อเยื่อชั้นพาลีเซด มีโซฟิลล์ ที่จะหนามากกว่าเมื่อเทียบกับพืชที่เจริญในสภาพแวดล้อมที่ได้รับแสงน้อยกว่า (Asamaa et al., 2001; Hetherington & Woodward, 2003; Kozuka et al., 2011; Terashima et al., 2011; Lawson & Blatt, 2014; Ho et al., 2016; Gotoh et al., 2018)





ภาพที่ 7 กายวิภาคใบของกลุ่มพืชคล้ายคลึงสกุลหางไหล; กายวิภาคผิวใบ (A-F) และกายวิภาคตัดขวางของแผ่นใบ (G-M, O); สกุล *Aganope* (A, D, G, J, M) สกุล *Brachypterum* (B, E, H, K, N) และสกุล *Derris* (C, F, I, L, O) (ดัดแปลงจากการศึกษาของ ยศเวท สิริจามร, 2563)

ความสำคัญของพฤษเคมีต่องานทางด้านพฤษเคมีอนุกรมวิธาน

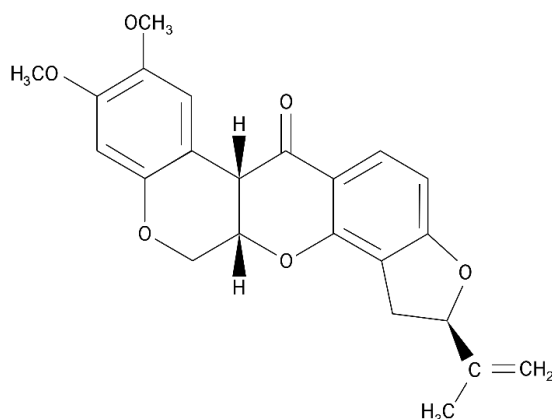
ด้วยสกุลทางไหลขณะนี้ที่มีลักษณะใช้จดจำกลุ่มทางวิวัฒนาการที่เกิดขึ้นเพียง 2 ลักษณะ (Sirichamorn et al., 2014c) การได้มาซึ่งลักษณะที่เป็น synapomorphies อื่น ๆ นอกเหนือจาก สันฐานวิทยาหรือกายวิภาคใบ เช่นข้อมูลสารประกอบทางเคมีในพืช (พฤษเคมี) เพิ่มเติม อาจเป็นส่วนทำให้เกิดความชัดเจนขึ้นในระบบการจัดจำแนกของพืชกลุ่มนี้ได้ ด้วยองค์ความรู้ดังกล่าวเป็น แหล่งข้อมูลที่สำคัญและมีบทบาทอย่างมากกับการศึกษาอนุกรมวิธานนับแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (Gomes et al., 1981; Evans et al., 1985; Buyinza et al., 2020; Feitoza & Lima, 2020) อีกทั้งยังต่อยอดไปถึงการใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ของสารพฤษเคมีที่พืชแต่ละชนิดสะสมอยู่ ด้วย (Hamid, 1999; Sirichamorn et al., 2012a) สำหรับพืชวงศ์ถั่วได้ปรากฏรายงานการศึกษา สารพฤษเคมีในพืชหลายชนิดจากหลายสกุลของหลากหลายเผ่า รวมถึงพืชในสกุลทางไหลและสกุล ไกล่เคียงด้วย หลายครั้งพบถึงนัยสำคัญทางอนุกรมวิธานบางประการที่เป็นผลให้ระบบการจัดจำแนก พืชในวงศ์นี้ได้รับการพัฒนาเรื่อยมา เช่น ในปี 1981 Gomes และคณะ รายงานถึงนัยสำคัญของสาร กลุ่มฟลาโวนอยด์ในเชิงอนุกรมวิธานของพืชสกุลทางไหล และสกุล *Lonchocarpus* Torr. ที่มีเขต การกระจายพันธุ์ในแถบแอฟริกาและอเมริกา พบว่าทั้งสองสกุลต่างมีแรงผลักดันทางสิ่งแวดล้อมบาง ประการทำให้มีวิวัฒนาการแบบเข้าสู่จุดร่วมเดียวกัน จากหลักฐานที่ชี้ให้เห็นถึงรูปแบบที่คล้ายคลึง และแสดงความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดกันของทั้งสองสกุล แม้ว่าจะมีเขตการกระจายพันธุ์ ลักษณะทาง สันฐานวิทยาบางอย่างแตกต่างกัน และมาจากต่างบรรพบุรุษกันก็ตาม ต่อมาในปี 1985 (Evans et al., 1985) มีการศึกษาสารพฤษเคมีในเมล็ดของพืชวงศ์ถั่ว 23 ชนิด จากหลายสกุลขึ้น ซึ่งรวมพืชใน สกุลทางไหลไว้ในการศึกษาครั้งนั้นด้วยหลายชนิด โดยศึกษากรดอะมิโนที่ไม่ได้เป็นองค์ประกอบใน โปรตีน (non-protein amino acid) และเอมีน (amines) พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของ การสะสมสารกลุ่มดังกล่าวในพืชที่ใช้ศึกษาจากกลุ่มพืชในเผ่าอื่น ๆ อีกทั้งภายในสกุลทางไหล สกุล *Millettia* และสกุล *Lonchocarpus* การสะสมสารในกลุ่มนี้ยังสามารถใช้จำแนกในระดับสกุล ย่อย (subgenus) หรือหมวดหมู่ (section) ได้ ซึ่งแสดงความสอดคล้องกับลักษณะทางสันฐานวิทยา ด้วย

ความคล้ายคลึงกันของลักษณะทางสันฐานวิทยาในพืชหลายชนิดของวงศ์ถั่ว หลายครั้งได้รับการ จำแนกแยกออกจากกันด้วยข้อมูลทางพฤษเคมีที่มีนัยทางเคมีอนุกรมวิธาน (chemotaxonomy) อาทิ *Millettia dura* Dunn พืชในสกุลกระพี้จั่นที่มีเขตการกระจายพันธุ์หลักในประเทศเคนยา หลายครั้งมักได้รับการระบุชนิดผิดเป็น *M. ferruginea* (Hochst.) Baker พืชถิ่นเดียวของประเทศ เอธิโอเปีย จากความคล้ายคลึงของสันฐานวิทยาหลายประการ ซึ่งมีลักษณะที่ใช้แยกความแตกต่าง ระหว่างพืชสองชนิดเพียงไม่กี่ลักษณะ Buyinza และคณะ (2020) จึงได้วิเคราะห์เปรียบเทียบ

สารฟลาโวนอยด์ (กลุ่ม flavonoids/isoflavonoids) ระหว่างพืชทั้งสองชนิดขึ้น จากส่วนของดอก ฝัก เมล็ด เปลือกลำต้น และเปลือกราก พบว่า สามารถแยก *M. dura* ออกจาก *M. ferruginea* ด้วยการ สหสมสารเคมีที่พบเฉพาะใน *M. dura* ได้ คือ Millettone และ Millettosine สารในกลุ่มไอโซ- ฟลาโวน (isoflavone) จากทั้งหมดที่พบ 7 ชนิด ดังนั้นเป็นไปได้ว่าเราอาจใช้สารหรืออนุพันธ์ย่อยต่าง ๆ ของสารสองกลุ่มดังกล่าวนี้เป็นเครื่องหมายทางเคมี (chemosystematic markers) สำหรับ การศึกษาเคมีอนุกรมวิธานของพืชในเผ่า Millettieae ได้ด้วยเช่นกัน

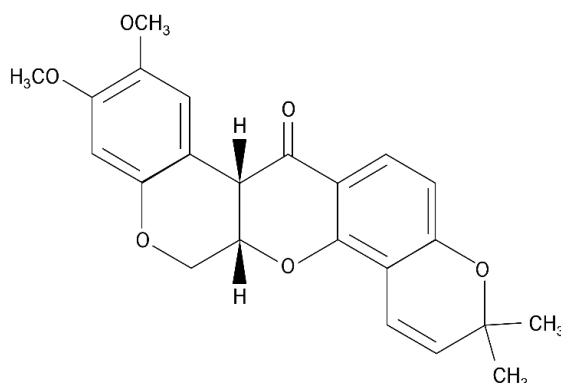
ฟลาโวนอยด์เป็นสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) เป็นกลุ่มสารทุติยภูมิที่พืช สร้างและสะสมเพื่อวัตถุประสงค์ในหลายแง่มุม ส่วนหนึ่งเพื่อให้พืชสามารถเจริญในสภาวะปรกติและ ตอบสนองต่อสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงหรือได้รับความเครียด (stress) ในรูปแบบต่าง ๆ ได้ สาร ในกลุ่มนี้มีส่วนช่วยลดความเสียหายหรือความผิดปกติจากสภาวะเครียดจากกระบวนการออกซิเดชัน (oxidative stress) ของอนุมูลอิสระภายในเซลล์ที่เพิ่มสูงขึ้น (Jovanovic et al., 1994; Dixon & Steele, 1999; Miller & Ruiz-Larrea, 2002) สารกลุ่มไอโซฟลาโวนอยด์ (isoflavonoids) เป็น สารประกอบกลุ่มย่อยที่เกิดจากกระบวนการ hydroxylation, alkylation และ oxidations ที่ heterocyclic ring บนโมเลกุลของฟลาโวนอยด์ มีรายงานการพบครั้งแรกในช่วงกลางศตวรรษที่ 19 จากรากของพืชในวงศ์ถั่ว คือ *Ononis spinosa* L. (Spiny Restharrow) โดย Reinsch และ Hlasiwetz การศึกษาทางพฤกษเคมีที่ผ่านมายังพบว่าไอโซฟลาโวนอยด์เป็นกลุ่มสารที่มีรายงานการ ค้นพบในพืชวงศ์ถั่วมากที่สุดอีกด้วย (Veitch, 2007) มีรายงานการศึกษาและค้นพบในพืชอีกหลาย ชนิดจากหลายสกุลในวงศ์ถั่วเรื่อยมา จนถึงช่วงปลายศตวรรษเดียวกันเริ่มมีการค้นพบสารกลุ่มนี้ในพืช วงศ์อื่นเพิ่มเติม อนุพันธ์ของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ได้รับความนิยมนำมาใช้ประโยชน์ในหลากหลาย ด้าน อาทิ โรติโนน สารอนุพันธ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาการปิดวงของ methoxy isoflavone ได้รับความนิยม ใช้เป็นสารพิษชีวภาพในการปราบแมลงศัตรูพืช เป็นสารชนิดเด่นที่มีการสะสมปริมาณมากในพืช สกูลหางไหล (Dixon & Steele, 1999) อีกทั้งอนุพันธ์ในกลุ่มโรทีนอยด์ (rotenoids) อื่น ๆ ที่ใกล้เคียงอย่าง เดกuelin (deguelin) หรือลูปีนิโฟลีน (lupinifolin) อนุพันธ์ของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งได้รับการรายงานถึงฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคบางชนิดด้วยเช่นกัน (Yusook et al., 2016a, 2016b) ดังนั้น เป็นไปได้ว่าอนุพันธ์โรติโนนของสารในกลุ่มย่อยไอโซฟลาโวนอยด์ที่ปรากฏ พบมากในพืชสกุลหางไหลนี้ อาจเป็นข้อมูลที่มีนัยสำคัญสำหรับการศึกษาพฤกษเคมีเบื้องต้นและ เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการค้นหาลักษณะเฉพาะในรูปแบบของเคมีอนุกรมวิธานของพืชสกุลหาง ไหลเพิ่มเติมได้

โรติโนนเป็นหนึ่งในอนุพันธ์ของไอโซฟลาโวนอยด์ที่เปลี่ยนแปลงจากไอโซฟลาโวน เป็นสารทุติยภูมิที่ได้จากวิถีสังเคราะห์ชิคิเมต (shikimate pathway) (Koes et al., 1994) มีการสร้างและสะสมมากในพืชวงศ์ถั่ว โดยเฉพาะสกุลหางไหลและสกุลใกล้เคียง อาทิ สกุล *Lonchocarpus* สกุล *Tephrosia* Pers. และสกุล *Mundulea* Benth. (González-Coloma et al., 2010; Gupta, 2012, 2014) มีสูตรทางเคมีคือ $C_{23}H_{22}O_6$ (ภาพที่ 8) น้ำหนักโมเลกุล 394.42 จุดหลอมเหลวประมาณ 165 องศาเซลเซียส จุดเดือดประมาณ 220 องศาเซลเซียส เป็นผลึกของแข็งไม่มีสีหรือมีสีน้ำตาลอ่อน ไวต่อการถูกออกซิไดซ์ด้วยแสง โดยจะเปลี่ยนเป็นผลึกโมเลกุลสีเหลืองจนถึงสีแดงเข้ม มีความสามารถในการละลายในน้ำได้น้อย แต่ละลายได้ดีในสารละลายอินทรีย์ (Ray, 1991; Ling, 2003) ครั้งแรกของการค้นพบและศึกษาโรติโนนนั้นเริ่มขึ้นเมื่อปี 1896 จากการวิเคราะห์สารประกอบทางเคมีใน *Robinia nicou* Aubl. [คือ *Lonchocarpus nicou* (Aubl.) DC. & A.Chev. ในปัจจุบัน] เดิมเรียก nicouline ตามคำระบุชนิด (specific epithet) ของพืชที่พบ จากนั้นในปี 1912 มีรายงานการพบสารประกอบที่คล้ายกันในประเทศญี่ปุ่น โดย Nagai ในพืชสกุล *Pterocarpus* แต่มีชื่อพ้องที่ใช้ในขณะนั้นอยู่ในสกุลหางไหลอย่าง *Derris chinensis* Benth. [ปัจจุบันคือ *Pterocarpus chinensis* (Benth.) Kuntze] เรียก gyoto (พบมากบนหมู่เกาะใต้หวัน) หรือ roten ตามชื่อพื้นถิ่น ด้วยสารประกอบดังกล่าวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนคีโตนประเภทหนึ่ง (complex ketone) จึงได้รับการได้ตั้งชื่อใหม่เป็น rotenone แทนชื่อแรก ต่อมามีการค้นพบสารลักษณะเดียวกันใน *D. elliptica* อีกครั้ง ในปี 1916 โดยครั้งนั้นระบุว่าเป็น tubotoxin แต่ภายหลังได้รับการระบุและยืนยันว่าเป็นสารประกอบชนิดเดียวกันกับโรติโนน พืชชนิดเดียวกันนี้ Zubairi และคณะ (2014) ได้ทำการศึกษาสารโรติโนนที่สะสมในอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของพืชชนิดดังกล่าวที่เจริญในพื้นที่ต่างกันและใช้ตัวทำละลายต่างชนิดกันในการสกัด ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าพืชสะสมโรติโนนมากที่สุดใรรากขนาดเล็ก (fine roots = รากที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2 มิลลิเมตร) และตัวทำละลายที่ดีที่สุดสำหรับสกัดเอาโรติโนนออกมาในการทดลองครั้งนั้นคือ 95% (v/v) อะซิโตน โดยตัวอย่างพืชที่เจริญอยู่บริเวณป่าริมน้ำในที่ร่มขึ้นของเมือง Kangkar Palai ประเทศมาเลเซีย เป็นตัวอย่างที่ให้ปริมาณสารโรติโนนสูงสุด



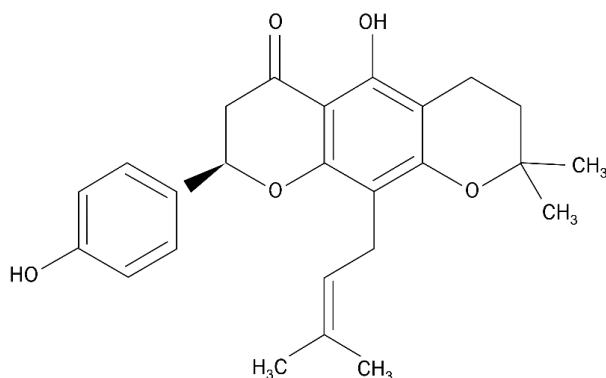
ภาพที่ 8 โครงสร้างทางเคมีของโรติโนน (ดัดแปลงจาก NCBI; pubchem)

เดคูลิน สารอนุพันธ์ย่อยของโรติโนนรูปแบบหนึ่ง มีรายงานพบเดคูลินครั้งแรกเมื่อปี 1931 โดย Clark และ Tephrosin ในตัวอย่างของสมาชิกพืชสกุล *Cracca* L. สกุล *Lonchocarpus* Kunth และสกุลทางไหล เวลาต่อมา มีการพบสารดังกล่าวนี้สะสมปริมาณมากในเปลือกลำต้น ราก และใบของพืชหลากหลายชนิดในวงศ์ถั่ว มีสูตรทางเคมี น้ำหนักโมเลกุลเหมือนและเท่ากับโรติโนนคือ $C_{23}H_{22}O_6$ น้ำหนักโมเลกุล 394.42 ตามลำดับ ต่างกันที่โครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 9 โมเลกุลของเดคูลินถูกแทนที่ด้วยหมู่เมทอกซี (methoxy groups) ที่ตำแหน่งที่ 9 และตำแหน่งที่ 10 และถูกแทนที่ด้วยหมู่เมทิล (methyl groups) จำนวน 2 หมู่ ที่ตำแหน่งที่ 3 ของโมเลกุล รายงานการใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติของเดคูลินในแง่ต่าง ๆ ได้รับการนำเสนอจนถึงยุคปัจจุบัน เช่น ฤทธิ์ต้านการเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็ง การแพร่กระจาย และส่งเสริมการตายของเซลล์แบบอะพอพโทซิสของมะเร็งหลายชนิดทั้งในหลอดทดลองและในสัตว์ทดลอง (Udeani et al., 1997; Caboni et al., 2004; Hastings et al., 2008; Chang et al., 2012; Wang et al., 2013; Su-Chan et al., 2015; Lin et al., 2021; Tuli et al., 2021)



ภาพที่ 9 โครงสร้างทางเคมีของเดคูลิน (ดัดแปลงจาก NCBI; pubchem)

ในปี 1974 Smalberger และคณะ รายงานพบสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอนชนิดใหม่คือ ลูปีนิโฟลีน จากการศึกษาสารประกอบทางเคมีในรากของพืชสกุล *Tephrosia* Pers. ชนิด *Tephrosia lupinifolia* DC. มีโครงสร้างทางเคมีคือ $C_{25}H_{26}O_5$ (ภาพที่ 10) ลักษณะเป็นผลึกรูปเข็มสี เหลืองเป็นไฟโตเอสโตรเจน (phytoestrogen) กลุ่มฟลาโวนอยด์ชนิดหนึ่งที่แยกได้จากพืชหลาย ชนิดจากหลากหลายกลุ่ม เช่น *Myriopteron extensum* (Wight) K.Schum. (Asclepiadaceae; Soonthornchareonnon et al., 2004) *Erythrina fusca* Lour. (Leguminosae; Khaomek et al., 2008) หรือ *Albizia myriophylla* Benth. (Leguminosae; Joycharat et al., 2013) อีกทั้ง ยังมีรายงานว่าเป็นสารประกอบทางเคมีที่พบการสะสมในอ้อยสามสวน หรือ *Derris reticulata* (Yusook et al., 2016a, 2016b; Pulbutr et al., 2020) สมาชิกของพืชสกุลทางไหลพรรณไม้ถิ่น เดียวของประเทศไทยด้วยเช่นกัน โดยงานวิจัยจำนวนมากได้กล่าวถึงฤทธิ์ของสารดังกล่าวนี้ ต่อการยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง เชื้อไวรัสเริม (Herpes Simplex Virus; HSV) ฤทธิ์การต้าน การอักเสบ ฤทธิ์ของการเป็นสารต้านจุลชีพอันไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ ด้วย (Hamid, 1999; Soonthornchareonnon et al., 2004; Ganapaty et al., 2006; Sirichamorn et al., 2012a, 2012b; Vittaya et al., 2014; Yusook et al., 2016a, 2016b)



ภาพที่ 10 โครงสร้างทางเคมีของลูปีนิโพลิน (ดัดแปลงจาก NCBI; pubchem)

นอกเหนือจากการตรวจหาความต่างของสารพิษเคมีที่มีในพืชแต่ละชนิดอย่างเฉพาะเจาะจง จะสามารถชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างในระดับต่าง ๆ ทางอนุกรมวิธานได้แล้ว การวิเคราะห์การมีอยู่ของสารประกอบทางเคมีในรูปแบบของลายพิมพ์นิ้วมือ (fingerprint) หรือโครมาโทแกรมของสาร อาจเป็นอีกเครื่องมือที่จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะหรือเอกลักษณ์เฉพาะของพืชแต่ละชนิด สามารถบอกได้ถึงความต่างระหว่างพืชที่มีความใกล้ชิดกันทางสายวิวัฒนาการหรือมีสัมพันธ์วิวัฒนาการใกล้เคียงกัน ออกจากกันได้ การได้มาซึ่งลายพิมพ์ดังกล่าวนั้นสามารถวิเคราะห์จากรูปแบบการเคลื่อนที่ของสารบน ตัวกลางได้หลายวิธี วิธีการศึกษาที่ได้รับความนิยม (Giri et al., 2010) เช่น เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบชั้นผิวบางหรือรองเคลือบผิวบาง (thin layer chromatography; TLC) เป็นโครมาโทกราฟีรูปแบบแรกที่ทำให้ลายพิมพ์โดยไม่ต้องเทียบกับสารมาตรฐานเหมือนกับ การวิเคราะห์ปรกติ (TLC marker) สามารถบอกได้ถึงเอกลักษณ์ของสารสกัดในเบื้องต้นได้ โครมาโทกราฟีแบบแก๊ส (gas chromatography; GC) เป็น fingerprint analysis ที่เหมาะกับการวิเคราะห์สารประกอบทางเคมีที่ระเหยได้ง่าย (volatile compounds) หรือเทคนิคที่ได้รับการพัฒนาแล้วอย่างโครมาโทกราฟีแบบผิวบางสมรรถนะสูง (high-performance thin-layer chromatography; HPTLC) และ/หรือโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง (high performance liquid chromatography; HPLC) เดิมเรียก high-pressure liquid chromatography; HPLC) โดยรูปแบบโครมาโทกราฟีชนิด HPLC นั้น เป็นเทคนิคประเภท column chromatography ที่ใช้ในการวิเคราะห์สารในสถานะของเหลว อาศัยแรงดันเป็นตัวช่วยในการแยกสาร มีความสามารถในการแยกสาร รวมถึงความเฉพาะเจาะจง (selectivity) และความเที่ยงในการวิเคราะห์ซ้ำสูง สามารถตรวจวัดปริมาณสารได้โดยให้ความแม่นยำที่สูงมากด้วย เป็นระบบปิด (closed chromatography system) แสดงผลในรูปแบบลายพิมพ์ (chromatographic fingerprint) ในลักษณะเป็นพีค/ยอดกราฟ (peak) บนโครมาโทแกรม (chromatogram)

การศึกษาตรวจคัดกรองวิเคราะห์หาสารพฤษเคมีที่เกี่ยวข้องกับพืชวงศ์ถั่วรวมถึงพืชในสกุล ทางไหลและสกุลใกล้เคียง ได้รับการรายงานอย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบัน เช่น การศึกษาลายพิมพ์ สารพฤษเคมีด้วยเทคนิค HPLC พร้อมกับการประเมินความสามารถของสารจากคุณสมบัติต่างขั้ว ในการเป็นตัวยั้งหรือต้านมะเร็ง โดย Yang และคณะ เมื่อปี 2015 จากสารสกัดหยาบของราก *Derris eriocarpa* How [ปัจจุบันคือ *Brachypterum eriocarpum* (F.C.How) Adema & Sirich.] จำนวน 10 ชุดตัวอย่าง ที่มีเขตการกระจายพันธุ์ในพื้นที่ของประเทศจีน ผลการศึกษาในครั้งนั้นแสดงให้เห็นถึงลายพิมพ์ HPLC ในรูปแบบของพีคบนโครมาโทแกรมที่ปรากฏขึ้นมากถึง 16 พีค จากทุก ตัวอย่าง ซึ่งลายพิมพ์ที่ได้ี้มีความคล้ายคลึงกันในภาพรวม ส่วนผลการทดสอบความสามารถของสาร ในการต้านมะเร็งนั้น พบว่า ligarine chloroform acetidin และ n-butyl alcohol ต่างเป็นกลุ่ม อนุพันธ์ที่ยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งได้ โดยที่ความแรงของฤทธิ์นั้นจะขึ้นกับปริมาณของสารด้วย ต่อมาในปี 2016 da Costa และคณะ ได้มีการใช้เทคนิค HPLC ในการศึกษาสารพฤษเคมีด้วย เช่นกัน เพื่อวัตถุประสงค์ในการจำแนกพืชในสกุล *Deguelia* Aubl. โดยครั้งหนึ่งเคยถูกรวมไว้ในสกุล ทางไหลในนิยามเดิม ทั้งนี้เพราะสกุล *Deguelia* เป็นพืชที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยา รวมถึงการ สะสมสารพฤษเคมีคล้ายคลึงกันกับพืชในสกุลทางไหลหลายประการ ผลการศึกษาดังนั้น พบว่า รูปแบบของโครมาโทแกรมที่ได้จาก HPLC และผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีการ Hierarchical Cluster Analysis (HCA) สามารถแยกพืชสกุล *Deguelia* ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันมากสองชนิดคือ *D. utilis* (A.C.Sm.) A.M.G. Azevedo และ *D. rufescens* (Benth.) R.A.Camargo & A.M.G. Azevedo ออกจากกันได้ โดยพิจารณาจากสัดส่วนของปริมาณสารโรติโนนต่อเดกุลินที่แตกต่างกัน ชัดเจนในพืช 2 ชนิด (1 : 0.8 ใน *D. utilis* และ 2 : 1 ใน *D. rufescens*) โดยมีการทำซ้ำ 10 และ 12 ตัวอย่างต่อชนิดตามลำดับ ในปีเดียวกัน Saraf และ Shinde (2016) ได้วิเคราะห์และประเมินปริมาณ สารพฤษเคมีเบื้องต้นคือ สารประกอบลูปีออล (lupeol compound) ใน *Derris heyneana* (Wight & Arn.) Benth. ที่มีเขตการกระจายพันธุ์ในอินเดีย จากส่วนของราก ลำต้น และใบ ด้วยเทคนิค HPTLC พบว่าลำต้นเป็นส่วนที่มีการสะสมของสารดังกล่าวสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้ง ยังสามารถใช้เป็นเครื่องหมายทางชีวภาพ (biomarker lupeol) หรือตัวกำหนดลักษณะ (specification) ที่แน่นอนของทางไหลชนิดนี้ได้อีกด้วย ต่อมาปี 2018 Saraf และ Shinde ได้ ทำการวิเคราะห์สารประกอบทางเคมีพร้อมกับทำลายพิมพ์ด้วยเทคนิค HPTLC ร่วมกับ FTIR spectroscopy ในใบพืชสกุลทางไหลคือ *D. heyneana* ขึ้นอีกครั้ง สำหรับพัฒนาและค้นหา biomarker ในพืชชนิดนี้เพิ่มเติม โดยดำเนินการสกัดด้วยวิธีแบบใช้ตัวทำละลายแบบมีขั้วที่ต่างกัน 6 แบบ เพื่อตรวจสอบการมีอยู่ของสารทุติยภูมิ (secondary metabolites) ในตัวทำละลายที่ต่างกัน พบว่าเมธานอล (methanol) เป็นตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพในการดึงสารทุติยภูมิจากพืชชนิดนี้ ออกมาได้ดีที่สุดและสามารถตรวจพบสารพฤษเคมีจากใบหลายชนิด ได้แก่ flavanoids, alkaloids,

glycosides, phenols, saponins, steroids, sterols, tannins และ terpenoids จำนวน 11, 7, 8, 7, 8, 7, 9, 7 และ 9 ชนิด ตามลำดับ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็น biomarker ได้เช่นเดียวกับสาร lupeol จะเห็นได้ว่าการศึกษาลายพิมพ์ของสารพฤษเคมีนี้ สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการระบุชนิดหรือพิสูจน์สถานภาพในระดับต่าง ๆ ทางอนุกรมวิธานของพืชได้เช่นเดียวกับสัณฐานวิทยาหรือกายวิภาค อาจนำไปสู่การได้มาของลักษณะจดจำเฉพาะของพืชในสกุลทางไหลเพิ่มเติมจากเดิมด้วยเช่นกัน

การพิสูจน์สถานภาพทางอนุกรมวิธานของพืชโดยใช้วิธีการต่าง ๆ ดังกล่าว จึงอาจเป็นอีกเครื่องมือที่ช่วยให้ได้มาซึ่งลักษณะที่สามารถช่วยในการจดจำ ระบุ จัดจำแนก ทราบถึงตำแหน่งบนสายวิวัฒนาการ ตลอดจนสามารถยืนยันสถานภาพทางอนุกรมวิธานของพืชไม่ทราบชนิดที่รายงานพบครั้งนี้ได้ การทราบสถานภาพทางอนุกรมวิธานที่แท้จริงของพืชไม่เพียงแต่เอื้อประโยชน์ต่องานทางพฤกษอนุกรมวิธานเท่านั้น แต่ยังเป็นส่วนสร้างจิตสำนึกด้านการอนุรักษ์ในแง่ของการควบคุมหรือลดผลกระทบที่อาจทำให้พืชดังกล่าวเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ นำไปสู่แนวคิดของการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชอย่างยั่งยืนของคนในพื้นที่ อีกทั้งยังเป็นฐานข้อมูลในการสร้างองค์ความรู้พื้นฐานเพื่อใช้ต่อยอดไปสู่ความเข้าใจในด้านต่าง ๆ ที่สำคัญ ที่จะทำให้เกิดความเข้าใจในวิวัฒนาการของพืชในกลุ่มนี้มากขึ้นต่อไปได้อีกด้วย



บทที่ 3 วิธีการศึกษา

อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี

การเก็บตัวอย่างพืช

1. กรรไกรตัดกิ่ง
2. ขวดดองตัวอย่าง
3. ถูพลาสติกแบบปากกรูด
4. ทรายซิลิกา (silica sand)
5. ซองกระดาษ
6. กระดาษหนังสือพิมพ์
7. กระดาษลูกฟูก
8. เชือกผูกแฉงอัด
9. สมุดบันทึกข้อมูลตัวอย่างพืช
10. แฉงไม้อัดตัวอย่างพืชขนาด 30 × 40 ตารางเซนติเมตร
11. เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์

การทำตัวอย่างพืชอัดแห้ง

1. ตัวอย่างพืช
2. กรรไกรตัดกิ่ง
3. กระดาษหนังสือพิมพ์
4. กระดาษลูกฟูก
5. เชือกผูกแฉงอัด
6. กาว เข้ม และด้าย
7. แผ่นป้ายแสดงรายละเอียดข้อมูล
8. กระดาษแข็งสีขาวขนาด 26.2 × 44.3 เซนติเมตร ความหนา 400 แกรม
9. แฉงไม้อัดตัวอย่างพืช
10. ตู้อบลมร้อน (hot air oven) : Memmert
11. ethyl alcohol ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์

การศึกษาสัณฐานวิทยา

1. ตัวอย่างพืชอัดแห้ง
2. ตัวอย่างพืชดองรักษาสภาพในแอลกอฮอล์
3. เข็มเขี่ย (inoculation needle)
4. ปากคีบ (forcep)
5. ไขมีดโกน
6. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ (stereoscopic microscope) : Nikon (SMZ745)
7. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ : Nikon (SMZ800N)
พร้อมชุดถ่ายภาพ : Nikon (DS-Fi3)
และโปรแกรมวิเคราะห์ : NIS D+EDF
8. โปรแกรมวัดและวิเคราะห์ขนาด image J v. 1.50
9. ethyl alcohol ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์

การเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาสัณฐานวิทยาของผิวใบพืช

1. ตัวอย่างใบพืชดองรักษาสภาพในแอลกอฮอล์
2. ปากคีบ
3. ไขมีดโกน
4. ขวดแก้วขนาดเล็ก
5. เทปกาวคาร์บอนสองหน้า
6. แผ่นวางตัวอย่างอะลูมิเนียม (aluminium stub)
7. เครื่องทำตัวอย่างแห้ง ณ จุดวิกฤต (critical point dryer)
8. เครื่องฉาบอนุภาคทองคำ (SPI module sputter coater)
9. ethyl alcohol ความเข้มข้น 70 80 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์

การศึกษาสัณฐานวิทยาของผิวใบพืชภายใต้กล้องจุลทรรศน์

1. ขึ้นตัวอย่างใบพืชจากขั้นตอนการเตรียม
2. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope; SEM)
พร้อมชุดถ่ายภาพ

- โปรแกรมวัดและวิเคราะห์ขนาด image J v. 1.50i

การเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษากายวิภาคของผิวใบและภาคตัดขวางของแผ่นใบพืช

- ตัวอย่างใบพืชต้องรักษาสภาพในแอลกอฮอล์
- เข้มเข้ย
- ปากค้บ
- ฟู่ก้ัน
- ใบม้ดโกน
- โฟม
- จานเพาะเชื้อ (petri dish)
- ขวดแก้วขนาดเล็ก
- สไลด์และกระจกปิดสไลด์
- กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา (compound microscope) : Olympus (CH 30)
- น้ำสะอาด
- ethyl alcohol ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์
- potassium hydroxide (KOH) ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์
- sodium Hypochlorite (NaOCl)

การย้อมสี การกำจัดน้ำออกจากตัวอย่าง และการทำสไลด์ถาวร

- ชิ้นตัวอย่างผิวใบและแผ่นใบพืช
- เข้มเข้ย
- ปากค้บ
- ฟู่ก้ัน
- กระดาษเนื้อบาง
- หลอดดูดสาร (dropper)
- แท่งแก้ว (glass stirring rod)
- แผ่นป้ายแสดงรายละเอียด
- สไลด์และกระจกปิดสไลด์
- กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา

11. ตู้ดูดควัน (fume hood) : Wiwatsan Lab
12. น้ำสะอาด
13. Safranin-O ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์
14. ethyl alcohol ความเข้มข้น 70 80 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์
15. xylene
16. xylene : absolute ethyl alcohol ในอัตราส่วน 1 : 1
17. DePeX mounting medium (DPX)

การศึกษากายวิภาคของผิวใบและภาคตัดขวางของแผ่นใบ

1. สไลด์ตัวอย่างผิวใบและภาคตัดขวางแผ่นใบ
2. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา
3. กล้องจุลทรรศน์ differential interference contrast (DIC) : Olympus (BX 53)
พร้อมชุดถ่ายภาพ : olympus (DP 27)
4. โปรแกรมวัดและวิเคราะห์ขนาด image J v. 1.50i

การเตรียมสารสกัดหยาบและสารละลายสกัด

1. ตัวอย่างรากและลำต้นในสภาพแห้ง
2. ปากคีบ
3. ใบมีดโกน
4. แท่งแก้ว
5. กระบอกตวง (cylinder)
6. กรวยแก้ว (funnel)
7. ปีกเกอร์ (beaker)
8. จานเพาะเชื้อ
9. ขวดรูปทรงกรวย (conical flask หรือ erlenmeyer flask)
10. ช้อนตักสารขนาดเล็ก (spatula)
11. micro pipette และ pipette tip
12. microcentrifuge tube
13. กระดาษกรอง

14. แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์
15. หลอดฉีดยาและตัวกรองสารละลายเคมี (syringe filter) ขนาด 0.22 มิลลิเมตร
16. ขวดสารละลายขนาดเล็กกึ่งซีชาและฝาเกลียวแบบยาง
17. เครื่องอบลมร้อน
18. เครื่องชั่งสาร (precision balance) : Citizon
19. เครื่องบดตัวอย่าง
20. เครื่องละลายสารด้วยคลื่นความถี่ (ultrasonic bath)
21. เครื่องเขย่าสาร (vortex mixer) : Wised (VM-10)
22. เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) : Satorius (1-14)
23. ตู้ดูดควัน
24. dichloromethane หรือ methylene chloride (CH_2Cl_2) (commercial grade)
25. acetonitrile (CH_3CN) (HPLC grade)

การตรวจคัดกรองเบื้องต้นทางพิษเคมี

1. คอลัมน์ waters® spherisorb s5 ODS2 (250 mm×4.6 mm, 5 μm)
2. เครื่องวิเคราะห์โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง
3. สารละลายตัวอย่าง
4. สารละลายของสารมาตรฐานแบบผสมและแบบแยก
5. rotenone ($\text{C}_{23}\text{H}_{22}\text{O}_6$) (standard reference compound for HPLC)
6. deguelin ($\text{C}_{23}\text{H}_{22}\text{O}_6$) (standard reference compound for HPLC)
7. lupinifolin ($\text{C}_{25}\text{H}_{26}\text{O}_5$) (standard reference compound for HPLC)
8. acetonitrile (analytical grade)
9. ultra-pure water (UPW)

การสกัดดีเอ็นเอ

1. ตัวอย่างใบพืชในสภาพแห้ง
2. pestle และ mortar
3. ซ้อนตักสารขนาดเล็ก
4. micro pipette และ pipette tip

5. microcentrifuge tube
6. น้ำแข็งและกระบะใส่น้ำแข็ง
7. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) : Memmer
8. เครื่องอุ่นควบคุมอุณหภูมิหลอดทดลอง (heating block) : Wised. Wise Them (HB-48. Set)
9. เครื่องเขย่าสาร
10. เครื่องปั่นเหวี่ยง
11. เครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอนสารขนาดเล็ก [mini centrifuge (spin-down)] : Labnet (C1301T-230V)
12. ชุดน้ำยาสกัดดีเอ็นเอพืช (DNeasy plant mini kit) : Qiagen
13. น้ำปราศจากเอนไซม์ (nuclease-free water) : PanReac Applichem (ITW Reagents)
14. ไนโตรเจนเหลว (liquid nitrogen)

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ

1. DNA template (DNA stock solution)
2. micropipette และ pipette tip
3. PCR microcentrifuge tube
4. เครื่องเขย่าสาร
5. เครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอนสารขนาดเล็ก
6. เครื่องเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรม (thermal cycler) : Flex Cycler²
7. GoTaq® Green Master Mix : Promega
8. oligonucleotide primer (forward primer และ reverse primer)
สำหรับใช้เพิ่มปริมาณในบริเวณ ITS/5.8S, *trnL-F* IGS และ *trnK-matK* (รายละเอียดตั้ง
แสดงในตารางที่ 3)
9. น้ำปราศจากเอนไซม์

การวิเคราะห์ดีเอ็นเอด้วยวิธีเจลอิเล็กโตรโฟรีซิส

1. PCR product
2. micropipette และ pipette tip

3. กระบอกตวง
4. กรวยแก้ว
5. ขวดรูปทรงกรวย
6. ซ้อนตักสารขนาดเล็ก
7. gel casting stand และ gel tray
8. electrophoresis comb
9. electrophoresis apparatus (direct-visible tank และ power supply) : Mupid-EXU
10. เครื่องซังสาร
11. microwave oven : Sharp
12. เครื่องถ่ายภาพเจล : InGenius
พร้อมโปรแกรมวิเคราะห์ : InGenius3 (GenSys)
13. agarose gel : Vivantis
14. สีย้อมดีเอ็นเอ (loading dye) : Vivantis
15. TAE (Tris-acetate, EDTA) Buffer : Bio basic
16. SYBR™ Gold Nucleic Acid Gel Stain : Invitrogen
17. DNA ladder/markers : Vivantis (vc 100bp Plaus)

การตรวจสอบปริมาณและคุณภาพของดีเอ็นเอ

1. PCR product
2. micropipette และ pipette tip
3. กระดาษทำความสะอาดเลนส์ : Kimwipe
4. เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (NanoDrop spectrophotometer)
5. น้ำปราศจากเอนไซม์

การวิเคราะห์ การจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ และการวิเคราะห์สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ

1. ลำดับนิวคลีโอไทด์
2. โปรแกรม FinchTV v. 1.4.0
3. โปรแกรมวิเคราะห์ Bioedit v. 7.0.9
4. โปรแกรมวิเคราะห์ PAUP* v. 4.0b10 และ MrBayes 3.1.2
5. ฐานข้อมูล CIPRES Science Gateway

วิธีการศึกษา

การเก็บตัวอย่างพืช

เก็บตัวอย่างพืชสกุลทางไหลไม่ทราบชนิดและชนิดที่มีความใกล้เคียงทางสายวิวัฒนาการ มีความคล้ายคลึงกันของสัณฐานวิทยาในภาพรวม และมีเขตการกระจายพันธุ์ซ้อนทับกัน คือ ทางไหลขน (*Derris pubipetala*) จากแหล่งต่าง ๆ ในพื้นที่ทางภาคใต้ของประเทศไทย ตามที่มีการสำรวจพบทั้งหมด 6 พื้นที่ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 11)

ดำเนินการการเก็บตัวอย่างในปี 2562–2566 (ช่วงเดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์) โดยเก็บตัวอย่างให้มีลักษณะครบถ้วนทั้งส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับเพศ (vegetative part) และส่วนที่เกี่ยวข้องกับเพศและการสืบพันธุ์ (reproductive part) จากนั้นตัวอย่างดังกล่าวจะถูกนำมาทำให้แห้งตามวิธีการเก็บรักษาตัวอย่างแห้ง เพื่อใช้ศึกษาลักษณะของสัณฐานวิทยาและตรวจสอบชนิดโดยอาศัยรูปวิธานในหนังสือพรรณพฤกษชาติของประเทศไทย เล่มที่ 4 Part 3.2 (Sirichamorn, 2020) ส่วนใบสำหรับใช้ศึกษากายวิภาค ทำโดยเก็บเอาใบย่อยจากใบที่เจริญเต็มที่ (mature leaves) มีลักษณะสมบูรณ์ ไม่ถูกรบกวนโดยโรค แมลง หรือแสดงความผิดปกติใด ๆ ต้องรักษาสภาพไว้ใน ethyl alcohol ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ สำหรับตัวอย่างที่ใช้ศึกษาสารประกอบทางเคมีนั้น เลือกเก็บเฉพาะส่วนของราก (ส่วนที่อยู่ใต้พื้นดิน) และลำต้น (ส่วนของเถาที่อยู่เหนือดิน) จากนั้นเก็บรักษาในสภาพแห้งภายในถุงที่ปิดสนิทและป้องกันแสงกระทบ ส่วนการศึกษาด้านอนุชีววิทยา เลือกเก็บใบอ่อนที่มีลักษณะสมบูรณ์เช่นเดียวกับตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษากายวิภาคประมาณ 5 ใบต่อหนึ่งตัวอย่าง เก็บรักษาในถุงที่ปิดสนิท ภายในบรรจุทรายซิลิกาที่มีคุณสมบัติสามารถดูดความชื้นจากตัวอย่างได้

การทำตัวอย่างพืชอัดแห้ง

เริ่มจากการทำความสะอาดตัวอย่างที่เก็บด้วยความระมัดระวังไม่ให้ลักษณะผิดไปจากเดิม ใช้กรรไกรตัดกิ่งตัดแต่งชิ้นตัวอย่างให้ได้ขนาดพอเหมาะ จากนั้นวางตัวอย่างพันธุ์ไม้ลงบนกระดาษหนังสือพิมพ์ จัดให้ขนาดพอดีไม่ให้เกินหน้ากระดาษ (ขนาดไม่เกิน 25 × 42 เซนติเมตร) และแผงอัด อัดตัวอย่างพืชโดยจัดระเบียบให้เห็นส่วนต่าง ๆ ชัดเจน ฉีดพ่น ethyl alcohol ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ เพื่อลดการหลุดของใบย่อยหรือส่วนต่าง ๆ ของตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก ใช้กระดาษหนังสือพิมพ์และกระดาษลูกฟูกคั่นระหว่างตัวอย่างพืชแต่ละชิ้น ปิดทับทั้งสองด้านด้วยแผงอัดแล้วมัดให้แน่นด้วยเชือก นำไปอบด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เมื่อตัวอย่างแห้งให้นำตัวอย่างประกอบติดบนกระดาษแข็งสีขาว โดยทากาวหรือเย็บด้วยเชือกด้ายติดกับกระดาษ จากนั้นติดป้ายบันทึกข้อมูลแสดงรายละเอียดของตัวอย่างพืช เมื่อแล้วเสร็จจึงนำส่งตัวอย่างฝากเก็บรักษา ณ พิพิธภัณฑ์พืชเพื่อใช้ศึกษาในอนาคตต่อไป

ตารางที่ 2 ข้อมูลรายละเอียดตัวอย่างพืชไม้ทราบชนิดและทางไหลขน

ลำดับ	ชนิด	แหล่งเก็บ	หมายเลขตัวอย่าง	พิพิธภัณฑ์พืช
1	<i>Derris</i> sp.	ตำบลปาดังเบซาร์ อำเภอสะเตา จังหวัดสงขลา; หน่วยพิทักษ์ป่า ผาดำ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้าง* (locality code; SS)	C. Leeratiwong 19- 1666	BKF
2	<i>Derris</i> sp.	ตำบลกำแพงเพชร อำเภอรัตนภูมิ จังหวัดสงขลา; บริเวณทางเข้า น้ำตกโตนปลิว เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้าง (locality code; RS)	YSM2021-15	BKF
3	<i>Derris</i> sp.	ตำบลนบพิตำ อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช; น้ำตก กรุงชิง อุทยานแห่งชาติเขาลงวง (locality code; NN)	YSM2021-16	BKF
4	<i>D. pubipetala</i>	ตำบลอ่างทอง อำเภอกะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี; น้ำตกหินลาด	Leeratiwong et al. 18-1192	PSU
5	<i>D. pubipetala</i>	ตำบลขนอม อำเภขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช; น้ำตกหินลาด	YSM2022-5	BKF
6	<i>D. pubipetala</i>	ตำบลขนอม อำเภขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช; น้ำตกเสม็ดขุน	YSM2022-6	BKF

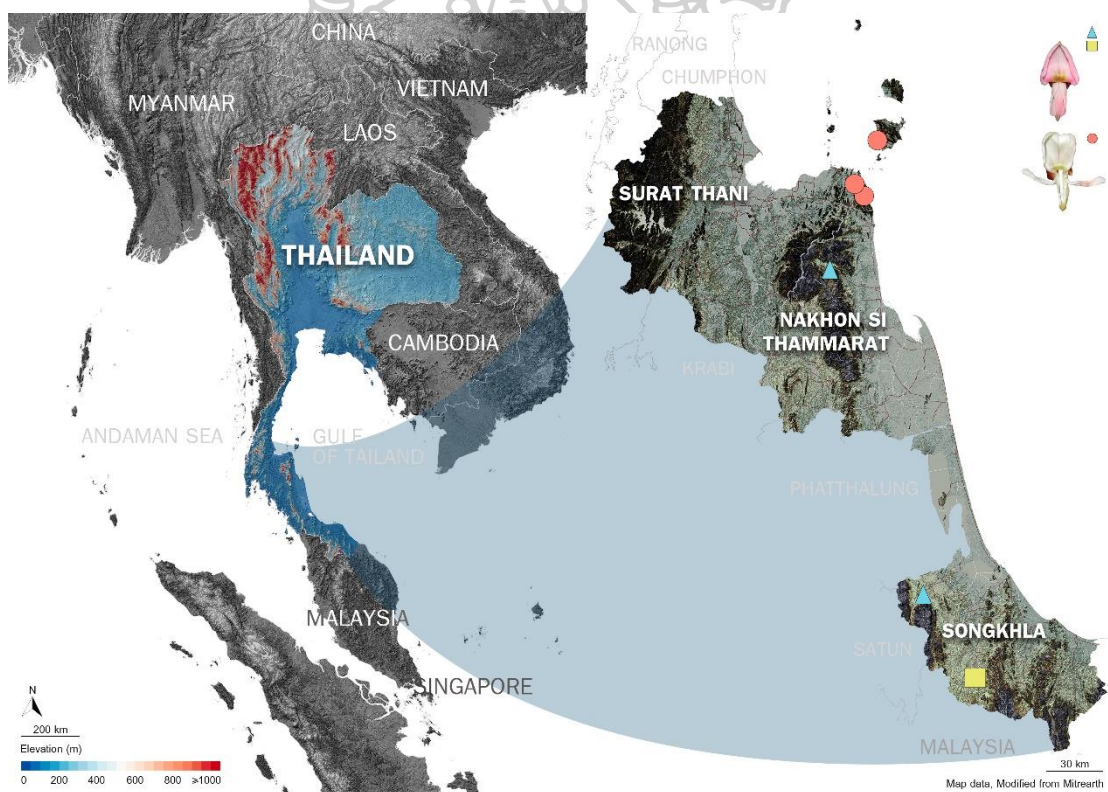
หมายเหตุ; BKF = Bangkok Forest Herbarium, PSU = Prince of Songkla University Herbarium,
(*) = Type locality

การศึกษาสัณฐานวิทยา

การศึกษาสัณฐานวิทยา

ศึกษารายละเอียดส่วนต่าง ๆ ของพืชในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับเพศและส่วนที่เกี่ยวข้องกับเพศและการสืบพันธุ์ ทำการบันทึก เขียนคำบรรยายถึงข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพ (ลักษณะไม่ต่อเนื่อง) และเชิงปริมาณ (ลักษณะต่อเนื่อง) รวมถึงลักษณะนิเวศวิทยาของตัวอย่างพืชในแต่ละพื้นที่เก็บ โดยใช้รูปแบบการบรรยายตามหนังสือพรรณพฤกษชาติของประเทศไทยและใช้คำศัพท์ตามหนังสือพจนานุกรมศัพท์พฤกษศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสภา จากนั้นทำการเปรียบเทียบคำบรรยายกับข้อมูลทางพฤกษอนุกรมวิธานของพรรณไม้ในกลุ่มนี้จากเอกสารต่าง ๆ เช่น หนังสือพรรณพฤกษชาติของประเทศไทย (Sirichamorn, 2020) หนังสือพรรณพฤกษชาติของคาบสมุทรมลายู (Ridley, 1922) หนังสือพรรณพฤกษชาติของสาธารณรัฐประชาชนจีน (Chen & Pedley, 2010) หนังสือพรรณพฤกษชาติของประเทศอินเดีย (Thothathri, 1982) หนังสือพรรณพฤกษชาติ British India (Baker, 1878) และการศึกษาทบทวนอนุกรมวิธานของพืชสกุลทางไหลในประเทศอินเดีย (Thothathri, 1961) และตัวอย่างของพืชชนิดอื่นในสกุลทางไหลที่มีการเก็บรักษาไว้ ณ หอพรรณไม้และพิพิธภัณฑ์พืชต่าง ๆ ทั้งในประเทศ เช่น หอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

กรุงเทพมหานคร (Bangkok Forest Herbarium; BKF) พิพิธภัณฑ์พืชกรุงเทพฯ กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร (Bangkok Herbarium; BK) หอพรรณไม้สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ อำเภอมะริม จังหวัดเชียงใหม่ (Queen Sirikit Botanic Garden; QBG) และพิพิธภัณฑ์พืช มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ อำเภหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา (Prince of Songkla University; PSU) รวมทั้งตัวอย่างพรรณไม้ต้นแบบ (types specimens) ที่เก็บรักษาไว้ในพิพิธภัณฑ์พืชในต่างประเทศบนฐานข้อมูลออนไลน์ เช่น สวนพฤกษศาสตร์คิว กรุงลอนดอน สหราชอาณาจักร (Royal Botanic Garden, Kew; K) พิพิธภัณฑ์พืชแห่งชาติประเทศเนเธอร์แลนด์ ศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพเนเจอร์ลิส มหาวิทยาลัยไลเดน เมืองไลเดน ประเทศเนเธอร์แลนด์ (Naturalis Biodiversity Center, Leiden University; L) หรือพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาแห่งกรุงปารีส กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส (Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris; P) เป็นต้น เพื่อให้สามารถใช้เป็นข้อมูลร่วมในการพิจารณาสถานภาพความเป็นชนิดใหม่ได้



ภาพที่ 11 ภาพแผนแสดงแหล่งเก็บตัวอย่าง (collection site) ของพืชไม้ทราบชนิดและทางไหลชนในพื้นที่ทางภาคใต้ของไทย; โดยพืชไม้ทราบชนิดแสดงด้วยสามเหลี่ยมสีฟ้าและสี่เหลี่ยมสีเหลือง (เป็น type locality หรือพื้นที่เก็บตัวอย่างต้นแบบ) และทางไหลชน แสดงด้วยวงกลมสีส้ม (ดัดแปลงจาก Mitrearth)

การศึกษาสัณฐานวิทยาของผิวใบพืชภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

การเตรียมตัวอย่าง

เลือกศึกษาผิวใบบริเวณกลางใบย่อยและกลางแผ่นใบของใบย่อย (ภาพที่ 12A, B) ใช้ใบมีดโกนตัดตัวอย่างใบที่ต้องรักษาสภาพไว้ในแอลกอฮอล์ 70 % บริเวณดังกล่าวให้มีขนาดขนาด 5×5 มิลลิเมตร กำจัดน้ำออกจากตัวอย่าง (dehydration) โดยแช่ตัวอย่างในสารละลาย ethanol ที่ความเข้มข้น 70, 80, 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ใช้เวลาในแต่ละความเข้มข้นประมาณ 15 นาที ก่อนนำชิ้นตัวอย่างไปทำแห้ง ณ จุดวิกฤต (critical point drying) เมื่อแล้วเสร็จทำการติดชิ้นตัวอย่างบนแท่นวางตัวอย่างอะลูมิเนียม (stub) ด้วยเทปกาวยคาร์บอนสองหน้า ต่อด้วยการฉาบตัวอย่างด้วยอนุภาคทองคำโดยใช้ SPI module sputter coater ก่อนนำตัวอย่างไปศึกษา ตรวจสอบ และถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope; SEM) โดยทำการศึกษาสัณฐานวิทยาของผิวใบพืชไม่ต่ำกว่า 3 ชิ้นตัวอย่างต่อตัวอย่างพืชประชากรหนึ่ง ๆ

การศึกษาสัณฐานวิทยาของผิวใบพืช

ศึกษาลักษณะต่าง ๆ ที่พบบนผิวใบจากภาพถ่ายภายใต้กล้อง SEM บันทึกลักษณะต่าง ๆ ที่ปรากฏ เช่น รูปแบบรอยค้ำผิว ต่อม หรือรูปแบบของพื้นผิวบนส่วนต่าง ๆ ของผิวใบทั้งสองด้าน การวัดขนาดทำโดยใช้เครื่องมือวัดในโปรแกรม Image J (v. 1.50i) ทำการเขียนคำบรรยายและเปรียบเทียบลักษณะบนผิวใบของตัวอย่างพืชไม่ทราบชนิดในทุกประชากรและตัวอย่างชนิดเลือกเปรียบเทียบ เพื่อให้สามารถใช้เป็นข้อมูลรวมในการพิจารณาระบุ จำแนก หรือแยกชนิดที่ถูกต้องได้

การศึกษากายวิภาคของใบพืช

การเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษากายวิภาคของผิวใบ

เตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาเนื้อเยื่อชั้นผิวใบ (epidermis) โดยเลือกใช้ส่วนของใบบริเวณกลางแผ่นใบของใบย่อย (ระหว่างขอบใบกับเส้นกลางใบและระหว่างโคนใบกับปลายใบ) (ภาพที่ 12C) จากนั้นทำการขูดผิวใบ (leaf scraping) ด้านตรงข้ามกับด้านที่ต้องการศึกษาด้วยใบมีดโกนร่วมกับพู่กันปลายตัด ให้มีขนาดใหญ่กว่าขนาดที่ต้องการศึกษาเล็กน้อย [สามารถใช้ 10% KOH (potassium hydroxide) สำหรับแช่ชิ้นตัวอย่างเพื่อช่วยให้ขูดส่วนของเนื้อเยื่อชั้นมีโซฟิลล์ออกได้ง่ายขึ้น] ระวังไม่ให้ส่วนที่ต้องการศึกษาเสียหาย เมื่อได้ขนาดที่ต้องการให้ตัดชิ้นตัวอย่างด้วยใบมีดโกนอีกครั้ง นำชิ้นตัวอย่างแช่ใน clorox (sodium hypochlorite) เพื่อทำการฟอกตัวอย่างให้ใส (clearing) ล้างชิ้นตัวอย่างด้วยน้ำ 2-3 รอบ ต่อด้วยการเก็บชิ้นตัวอย่างใน 70% ethanol เพื่อเก็บรักษาชิ้นตัวอย่าง

และรอขั้นตอนต่อไป โดยให้ในแต่ละประชากรพืชประกอบไปด้วยชิ้นเนื้อเยื่อผิวที่ต้องการศึกษาอย่างน้อย 3 ชิ้น

การเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษากายวิภาคตัดขวาง (โครงสร้าง) ของแผ่นใบ

ใช้ใบมีดโกนตัดบริเวณกลางใบ (ระหว่างขอบใบกับขอบใบและระหว่างโคนใบกับปลายใบ) แผ่นใบ (ระหว่างขอบใบกับเส้นกลางใบและระหว่างโคนใบกับปลายใบ) และขอบใบ (ในตำแหน่งกลางแผ่นใบ) ของใบย่อยให้ได้ขนาดประมาณ 1.5×1.5 เซนติเมตร (ภาพที่ 12D-F) จากนั้นตัดตัวอย่างให้บางอย่างสม่ำเสมอเท่ากันทั้งชิ้น อาจใช้โฟมผ้าซีกช่วยประคองชิ้นตัวอย่างให้สามารถตัดชิ้นตัวอย่างได้สะดวกขึ้น หมั่นจุ่มชิ้นตัวอย่างและใบมีดในน้ำให้บ่อยครั้งเพื่อคงความชื้นให้ชิ้นตัวอย่างและช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างชิ้นตัวอย่างกับใบมีด เมื่อตัดตัวอย่างได้ให้ลอยชิ้นตัวอย่างบนน้ำก่อนทำการเลือกชิ้นตัวอย่างที่สมบูรณ์และรอขั้นตอนการย้อมสีชิ้นเนื้อเยื่อเพื่อศึกษาลายละเอียดต่อไป

การย้อมสี การกำจัดน้ำออกจากตัวอย่าง และการทำสไลด์ถาวร

นำชิ้นตัวอย่างแช่ลงในสี Safranin-O ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5-10 นาที ล้างสีส่วนเกินด้วยน้ำ ก่อนทำการกำจัดน้ำออกจากตัวอย่างโดยการแช่เนื้อเยื่อในสารละลาย ethanol ที่ความเข้มข้น 70 80 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เป็นเวลาประมาณ 10 นาที ในแต่ละความเข้มข้น โดยแต่ละการเปลี่ยนถ่ายควรซับชิ้นตัวอย่างให้แห้งก่อน จากนั้นแช่ชิ้นตัวอย่างในสารละลาย xylene : ethanol ในอัตราส่วน 1 : 1 เป็นเวลา 15 นาที ต่อด้วย xylene บริสุทธิ์ เป็นเวลา 15 นาที นำชิ้นตัวอย่างขึ้นจาก xylene ซับพอหมาด ทำการผนึกชิ้นตัวอย่างลงบนสไลด์ โดยใช้ DPEX เป็นสารผนึก (mountant) แล้วปิดทับด้วยกระจกปิดสไลด์

การศึกษากายวิภาคของผิวใบและภาคตัดขวางของแผ่นใบ

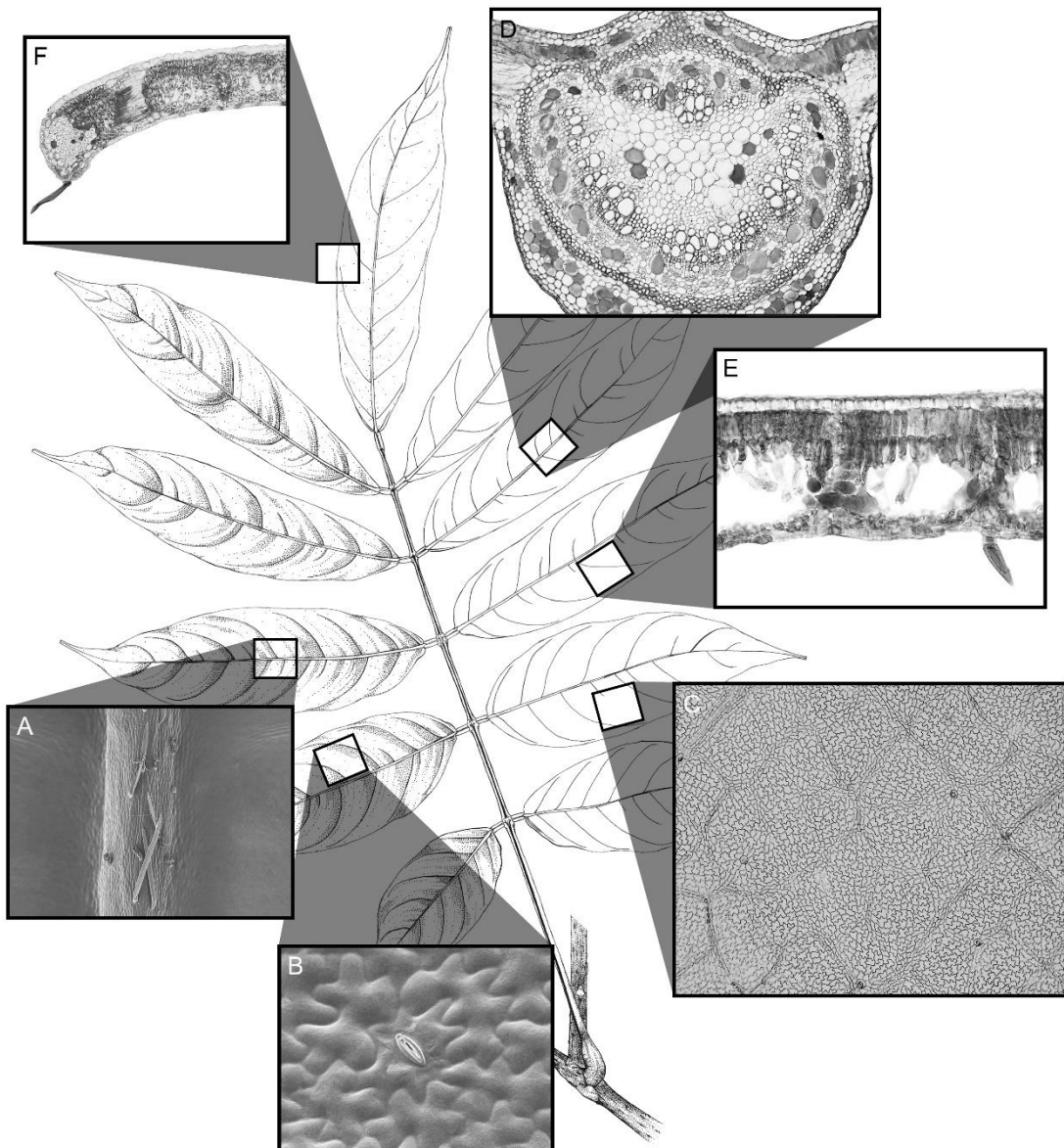
บันทึกข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เขียนคำบรรยาย และเปรียบเทียบลักษณะของตัวอย่างพืชไม่ทราบชนิดในทุกประชากรและตัวอย่างชนิดเลือกเปรียบเทียบ เพื่อให้สามารถใช้เป็นข้อมูลร่วมในการพิจารณาระบุ จำแนก หรือแยกชนิดที่ถูกต้องได้

ศึกษาลักษณะต่าง ๆ ของผิวใบและภาคตัดขวางจากภาพถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ differential interference contrast (DIC) บันทึกลักษณะต่าง ๆ ที่ปรากฏ เช่น จำนวน ขนาด รูปร่าง และลักษณะของเซลล์ ชนิดของปากใบ รูปแบรยางค์ผิว การปรากฏของต่อม หรือสิ่งปกคลุม (indumentum) บนผิวใบทั้งสองด้าน จำนวนของปากใบในพื้นที่ 1 ตารางมิลลิเมตร ขนาดของเซลล์

คําค่าดัชนีของปากใบ (stomatal index, SI) การสำหรับวิเคราะห์และวัดขนาดทำโดยตรวจสอบจากภาพถ่ายที่กำลังขยายของเลนส์ไมโครสโคปขนาดต่าง ๆ ด้วยโปรแกรม Image J (v. 1.50i)

สมการ คําค่าดัชนีของปากใบ (stomatal index, SI)

$$\text{Stomatal index} = [\text{stomata number} / (\text{stomata number} + \text{epidermal cell number})] \times 100$$



ภาพที่ 12 บริเวณศึกษาบนแผ่นใบของใบย่อย; สัณฐานวิทยาผิวใบภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด, ผิวใบบริเวณเส้นกลางใบ (A) ผิวใบบริเวณแผ่นใบ (B); กายวิภาคใบ, กายวิภาคผิวใบ (C) กายวิภาคตัดขวางเส้นกลางใบ (D) กายวิภาคตัดขวางแผ่นใบ (E) กายวิภาคตัดขวางขอบใบ (F)

การศึกษาสารประกอบทางเคมีในพืชหรือพฤษเคมี

การเตรียมสารสกัดหยาบ

ทำการสกัดสารจากส่วนของรากและลำต้นที่เก็บรักษาในสภาพแห้ง ด้วยวิธีการหมักโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ (maceration using organic solvents) เริ่มจากบดตัวอย่างแห้งให้ละเอียด นำตัวอย่าง 25 กรัม แช่ใน dichloromethane ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ภายในขวดทรงกรวย ปิดปากกรวยด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 3 วัน (72 ชั่วโมง) ผสมตัวอย่างด้วยการเขย่าทุก 12 ชั่วโมง จากนั้นใช้กระดาษกรอง กรองเอาสารสกัดหยาบ (crude) ที่ได้ออกจากชิ้นตัวอย่างแล้วทำการระเหยเอาตัวทำละลายออก ก่อนนำไปเตรียมเป็นสารละลายและตรวจวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

การเตรียมสารละลายสกัด

ละลายสารสกัดหยาบน้ำหนัก 0.01 กรัม ด้วย acetonitrile ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าสารผสมในหลอดให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสาร นาน 10 วินาที จากนั้นใช้คลื่นอัลตราโซนิกจากอ่างน้ำ sonicator ละลายสารสกัดหยาบที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที เมื่อแล้วเสร็จให้เขย่าสารด้วยเครื่องเขย่าสาร ก่อนทำการละลายสารด้วยคลื่นอัลตราโซนิกซ้ำอีกครั้ง นำสารละลายผสมที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ด้วยความเร็วรอบ 5,000 rpm จากนั้นกรองสารละลายตัวอย่างเหนือตะกอนปริมาตร 1 มิลลิลิตร ด้วยตัวกรองสารละลายเคมีขนาดเล็ก ขนาด 0.22 ไมโครเมตร ที่ต่อเข้ากับหลอดฉีดยาลงในขวดเก็บสารละลายสีชาขนาด 2 มิลลิลิตร ปิดขวดด้วยฝาเกลียวแบบยางก่อนส่งวิเคราะห์ กรณีที่ต้องเตรียมตัวอย่างก่อนเริ่มวิเคราะห์นานมากกว่า 5 ชั่วโมง ให้เก็บรักษาขวดสารละลายตัวอย่างที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

การตรวจคัดกรองเบื้องต้นทางพฤษเคมี

ทำโดยใช้ภาวะของการทดลองที่ดัดแปลงจากการศึกษาของ da Costa และคณะ (2016) ที่ใช้ในการศึกษาสารพฤษเคมีชนิดโรติโนนและเดกุลินของพืชสกุล *Deguelia* ร่วมกับภาวะในการศึกษาของ Sae-Yun และคณะ (2006) สำหรับใช้ศึกษาสารโรติโนนในพืชสกุลหางไหล การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ระบบการแยกแบบ isocratic method ผ่านคอลัมน์ Phenomenex Gemini® C18 analytical column (150 × 4.6 mm I.D., particle size 0.5 μm) ชนิด reversed phase เป็นวัฏภาคคงที่ (stationary phase) และใช้สารละลายผสมของ acetonitrile กับน้ำเป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ (mobile phase) ในสัดส่วน 60 : 40 (% v/v) ให้มีอัตราการไหลอยู่ที่ 10 ไมโครลิตรต่อ นาที ใช้เวลาประมาณ 50 นาที (35 นาที สำหรับสารละลายตัวอย่างและ 15 นาที สำหรับฉีดวัฏภาคเคลื่อนที่เพื่อชะสารเหลือค้างในคอลัมน์ก่อนเปลี่ยนตัวอย่าง) และตรวจวัดด้วยตัวตรวจวัดแบบ UV-visible spectroscopy (UV-Vis) ชนิด diode array detector (HPLC-PDA) ที่ความยาวคลื่น 293 นาโนเมตร ซึ่งเป็นค่าการดูดกลืนที่เหมาะสมสำหรับไอโซฟลาโวนอยด์กลุ่มที่ต้องการศึกษา

การควบคุมคุณภาพ (quality control) ของสารมาตรฐาน ทำโดยฉีดสารละลายผสมของสารมาตรฐานที่ความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แทรกระหว่างการฉีดสารละลายตัวอย่าง ทั้งนี้มีการทดสอบความคงที่หรือความแม่นยำ (precision) ของการปรากฏพีคของสารมาตรฐาน ณ ตำแหน่งนั้น ๆ เพิ่มเติมด้วย โดยการฉีดสารละลายของสารมาตรฐานแบบผสมและสารละลายของสารมาตรฐานแบบแยกจำนวน 10 ครั้ง (รวม 30 ครั้ง)

ข้อมูลเชิงคุณภาพของโครมาโทแกรมที่ได้จากการทำ HPLC สามารถใช้เสมือนเป็นลายพิมพ์บอกความเหมือน/ต่าง หรือความคล้ายคลึงกันระหว่างพีคแต่ละชนิดอย่างคร่าวๆได้ด้วยเช่นกัน ทำโดยเทียบพีคของสารละลายในทุกตัวอย่าง พิจารณาเลือกพีคที่มีลักษณะเด่น แยกจากพีคอื่นชัดเจน มีความสมมาตร และปรากฏในทุกตัวอย่างภายในชนิดเดียวกัน (หรือมากกว่าร้อยละ 80 ของตัวอย่างทั้งหมด) ทำการบันทึก เปรียบเทียบกับผลจากทุกตัวอย่างของทางไหลชน เพื่อให้สามารถบอกความแตกต่างระหว่างชนิดได้ด้วยรูปแบบของการสะสมสารประกอบทางเคมีในรากและลำต้นของพืชทั้งสองชนิด

การศึกษาสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ

เริ่มจากการสกัดดีเอ็นเอ (DNA extraction) จากตัวอย่างใบอ่อน จากนั้นเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ (DNA amplification) ในตำแหน่งที่ต้องการด้วยเทคนิคพหิซาร์ (polymerase chain reaction, PCR) เมื่อแล้วเสร็จทำการตรวจสอบขนาดของดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณได้พร้อมกับตรวจสอบปริมาณและคุณภาพของดีเอ็นเอ (DNA quantification and DNA purity) ก่อนนำเอาชิ้นดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณได้ไปทำให้บริสุทธิ์ (PCR purification) ต่อด้วยการวิเคราะห์หาลำดับนิวคลีโอไทด์ (nucleotide sequencing) ตรวจสอบลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้และจัดเรียงลำดับดังกล่าว (alignment) แล้วจึงทำการวิเคราะห์สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ

การสกัดดีเอ็นเอด้วยชุดน้ำยาสำเร็จรูป

ใช้วิธีการสกัดดีเอ็นเอที่ดัดแปลงจากหนังสือคู่มือการสกัดดีเอ็นเอของบริษัท Qiagen เริ่มจากการบดตัวอย่างใบอ่อนที่ถูกเก็บรักษาในสภาพแห้งให้เป็นผงเพื่อทำให้เซลล์แตก (cell lysis) ด้วย pestle และ mortar ขั้นตอนนี้อาจใช้ไนโตรเจนเหลวช่วย จากนั้นย้ายผงตัวอย่างลง microcentrifuge tube เติม extraction (lysis) buffer AP1 กับ RNase A ปริมาตร 400 และ 10 ไมโครลิตร ตามลำดับ เขย่าสารให้ส่วนผสมในหลอดเข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสาร ใช้เวลาประมาณ 10 วินาที แล้วนำไปบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิหรือเครื่องอุ่นควบคุมอุณหภูมิหลอดทดลองที่ 65 องศาเซลเซียส นาน 2-3 นาที จากนั้นเติม buffer (salt precipitate) P3 ปริมาตร 130 ไมโครลิตร แล้วค่อย ๆ กลับหลอดไป-มา (inverting) เพื่อผสมสารละลายให้เข้ากัน ต่อด้วยการบ่มสารละลายผสมด้วยความเย็นโดยใช้น้ำแข็งประมาณ 5 นาที นำหลอดไปปั่นเหวี่ยงที่ 4 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ทำการเปลี่ยนถ่ายส่วนของสารละลายที่อยู่เหนือตะกอน (supernatant) หรือสารละลายดีเอ็นเอ

เอที่ถูแยกไปยัง QIAshredder spin column (lysate filtration) บนหลอดขนาด 2 มิลลิลิตร และนำไปปั่นเหวี่ยงอีกครั้งนาน 2 นาที เพื่อแยกสิ่งปนเปื้อนออกจากดีเอ็นเอ จากนั้นเติม buffer (binding) AW1 ปริมาตร 1.5 เท่าของสารละลายดีเอ็นเอดังกล่าวในหลอดเดิมที่มีสารละลายที่ไหลผ่านคอลัมน์ ผสมสารละลายด้วยการใช้ปิเปตดูดขึ้น-ลง ทำการย้าย 650 ไมโครลิตร ของสารละลายผสมดังกล่าวไปยัง DNeasy mini spin column (DNA binds) บนหลอดขนาด 2 มิลลิลิตร แล้วปั่นเหวี่ยง 1 นาที จากนั้นทิ้งส่วนของเหลวที่ไหลผ่านคอลัมน์ ทำซ้ำขั้นตอนนี้กับตัวอย่างที่เหลือในคอลัมน์เดิม ย้ายคอลัมน์ที่มีดีเอ็นเอไปยังหลอดใหม่ เติม buffer (DNA wash; ethanol) AW2 ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ปั่นเหวี่ยงนาน 1 นาที จากนั้นทิ้งของเหลวในหลอดทิ้ง แล้วเติม buffer AW2 ปริมาตร 500 ไมโครลิตร อีกครั้ง ทำการปั่นเหวี่ยงต่ออีก 2 นาที ก่อนย้ายคอลัมน์ไปยัง microcentrifuge tube ขนาด 1.5 หรือ 2 ไมโครลิตร ด้วยความระมัดระวัง ไม่ให้คอลัมน์สัมผัสกับสารละลายในหลอด จากนั้นทำการชะดีเอ็นเอด้วย buffer (DNA elution; low salt) AE หรือน้ำปราศจากเอนไซม์ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ต่อด้วยการบ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง (15–20 องศาเซลเซียส) และนำไปปั่นเหวี่ยงอีก 1 นาที แล้วจึงเก็บรักษาตัวอย่างดีเอ็นเอที่สกัดได้ที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อบริโภคในขั้นตอนต่อไป

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิคพีซีอาร์

ใช้วิธีการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอจากวิธีที่ดัดแปลงจากคำแนะนำของน้ำยาผสมสำเร็จรูป GoTag green master mix เริ่มจากการเติมสาร (reagent) ที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาพีซีอาร์ลง PCR microcentrifuge tube โดยเติม Go Taq green master mix 12.5 ไมโครลิตร [ซึ่งมีบัฟเฟอร์ dNTPs (deoxynucleotide triphosphates mix) เอนไซม์ดีเอ็นเอพอลิเมอเรส (DNA polymerase) รวมถึงโคแฟกเตอร์ (cofactor) ของดีเอ็นเอพอลิเมอเรสเป็นส่วนประกอบของสารผสมดังกล่าว] จากนั้นเติม 10 ไมโครโมลลาร์ของ forward และ reverse primer สำหรับใช้เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในบริเวณ *trnK-matK*, *trnL-F* IGS และ ITS/5.8S โดยมีลำดับเบสดังแสดงในตารางที่ 3 ปริมาตรรวม 2 ไมโครลิตร แล้วเติมดีเอ็นเอต้นแบบ (template DNA) 2 ไมโครลิตร (ความเข้มข้นประมาณ 50 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร) ตามลำดับ ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากเอนไซม์ให้ได้ปริมาตรรวม 25 ไมโครลิตร แล้วจึงนำหลอด PCR tube ดังกล่าวเข้าเครื่องเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมด้วยเทคนิคพีซีอาร์ (thermal cycle) โดยสภาวะของปฏิกิริยา (condition) ในการศึกษาใช้วิธีของ Sirichamorn (2012a) ที่ดัดแปลงจากวิธีการศึกษาของ Hu และคณะ (2000) สำหรับเพิ่มปริมาณเครื่องหมายโมเลกุลชนิด *trnL-F* IGS และ *trnK-matK* บนคลอโรพลาสต์ จีโนม และใช้วิธีตามการศึกษาของ Wojciechowski และคณะ (1993, 1999) สำหรับเพิ่มปริมาณเครื่องหมายโมเลกุลชนิด ITS/5.8S บนนิวเคลียร์ จีโนม

เริ่มปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส นาน 4 นาที (initial denaturation) สำหรับการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในตำแหน่ง *trnL-F* IGS และ *trnK-matK* ก่อนเข้าสู่ปฏิกิริยา denaturation ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 วินาที ตามด้วยขั้นตอน annealing ใช้อุณหภูมิ 48–50

องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิอีกครั้งที่ 72 องศาเซลเซียส นาน 90–120 วินาที เพื่อให้ปฏิกิริยาดำเนินเข้าสู่ขั้นตอน extension และในขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอนนั้นจะดำเนินซ้ำเป็นจำนวน 40 รอบ เพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตของพีซีอาร์เพียงพอต่อความต้องการ จากนั้นทำการบ่มที่ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานอย่างน้อย 7 นาที (final extension) เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดอย่างสมบูรณ์ แล้วจึงเก็บดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณได้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอใช้ศึกษาต่อไป

ขั้นตอนเดียวกันนี้สำหรับการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในตำแหน่ง ITS/5.8S เริ่มปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 4 นาที ก่อนเข้าสู่ปฏิกิริยา denaturation ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 วินาที ตามด้วยขั้นตอน annealing ใช้อุณหภูมิ 49 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิอีกครั้งที่ 72 องศาเซลเซียส นาน 90–120 วินาที เพื่อให้ปฏิกิริยาดำเนินเข้าสู่ขั้นตอน extension และในขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอนนั้นจะดำเนินซ้ำเป็นจำนวน 40 รอบ เพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตของพีซีอาร์เพียงพอต่อความต้องการเช่นเดียวกับสภาวะปฏิกิริยาของ *trnL-F* IGS และ *trnK-matK* จากนั้นทำการบ่มที่ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานอย่างน้อย 7 นาที เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดอย่างสมบูรณ์แล้วจึงเก็บดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณได้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอใช้ศึกษาต่อไป

ตารางที่ 3 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของไพรเมอร์สำหรับใช้เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิคพีซีอาร์

ชื่อ	ตำแหน่ง	ลำดับนิวคลีโอไทด์ (5' ไป 3')	ทิศทาง	แหล่งที่มา
trnKIL	<i>trnK-matK</i> (Ch)	CTC AAT GGT AGA GTA CTC G	F	Hu และคณะ (2000)
trnK2R	<i>trnK-matK</i> (Ch)	AAC TAG TCG GAT GGA GTA G	R	Hu และคณะ (2000)
e	<i>trnL-F</i> IGS (Ch)	GGT TCA AGT CCC TCT ATC CC	F	Taberlet และคณะ (1991)
f	<i>trnL-F</i> IGS (Ch)	ATT TGA ACT GGT GAC ACG AG	R	Taberlet และคณะ (1991)
ITS1	ITS/5.8S (Nr)	TCC GTA GGT GAA CCT GCG G	F	White และคณะ (1990)
ITS4	ITS/5.8S (Nr)	TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC	R	Wojciechowski และคณะ (1993)

หมายเหตุ; Ch = Chloroplast genome, F = Forward, Nr = Nuclear genome, R = Reverse

การตรวจสอบดีเอ็นเอด้วยวิธีเจลอิเล็กโตรโฟรีซิส

เริ่มจากการเตรียม agarose gel ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ใน TAE buffer ใช้ความร้อนเป็นตัวทำให้ของผสมดังกล่าวหลอมละลายเป็นเนื้อเดียว เติมนีลย้อมชนิด Gelred เพื่อย้อมสีเจลแบบ In-gel จากนั้นถ่ายโอนดีเอ็นเอมาตรฐาน (100 bp DNA ladder/marker) ที่ทราบขนาดแน่นอนลงในหลุมเจล (well) เพื่อใช้เปรียบเทียบขนาดและปริมาณดีเอ็นเอที่ต้องการตรวจสอบอย่างคร่าว ๆ นำตัวอย่างดีเอ็นเอหรือผลผลิตพีซีอาร์ที่ต้องการตรวจสอบผสมเข้ากับ loading dye ก่อนถ่ายโอนลงหลุมเจลต่อดีเอ็นเอมาตรฐาน ใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้า (voltage) ขนาด 100 โวลต์ เป็นเวลา 35 นาที แล้วจึงทำการตรวจสอบการมีอยู่ของแถบ (band) ดีเอ็นเอ ด้วยการส่องยูวีโดยใช้เครื่อง gel-

document ซึ่งการเรืองแสงของแถบดีเอ็นเอบนเจลจะสามารถทำให้ทราบถึงขนาดของดีเอ็นเอและผลผลิตพีซีอาร์ที่ต้องการศึกษา จากการเทียบแถบดีเอ็นเอตัวอย่างที่ปรากฏกับแถบดีเอ็นเอมาตรฐาน

การตรวจสอบปริมาณและคุณภาพของดีเอ็นเอ

สำหรับการตรวจวัดปริมาณดีเอ็นเอและความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเอในสารละลาย สามารถทำได้ด้วยการวัดค่าดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometers) วัดค่าดูดกลืนแสงในช่วงอัลตราไวโอเล็ตหรือยูวี (ultraviolet, UV) ที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร เครื่องจะวิเคราะห์ผลออกมาเป็นค่าการดูดกลืนแสง (optical density, OD) ซึ่งจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณของกรดนิวคลีอิกที่มีอยู่ในหน่วยนาโนกรัมต่อไมโครลิตร ส่วนการตรวจวัดความบริสุทธิ์หรือการปนเปื้อนของดีเอ็นเอนั้นจะพิจารณาจากอัตราส่วนของช่วงความยาวคลื่นที่ 260 และ 280 นาโนเมตร หรือ A260/A280 (A คือ ค่าดูดกลืนแสง) ซึ่งค่าความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเอที่ได้ควรมีอัตราส่วนอยู่ระหว่าง 1.8–1.9 หากค่าสูงกว่า 1.9 แสดงว่าสารละลายดีเอ็นเอปนเปื้อนไปด้วยอาร์เอ็นเอ หากสารละลายมีการปนเปื้อนของโปรตีนหรือฟีนอล ค่าที่ได้จากการวัดจะมีค่าต่ำกว่า 1.8

การวิเคราะห์และการจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์

นำส่งตัวอย่างผลผลิตพีซีอาร์ที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์หาลำดับนิวคลีโอไทด์ด้วยเทคนิค NGS-based sequencing แบบวิธี BTSeq™ (barcode-tagged sequencing) โดยใช้บริการของบริษัท Celemics, Inc. ประเทศเกาหลี จากนั้นลำดับนิวคลีโอไทด์ที่อ่านได้จะถูกนำมาตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งเทียบกับ chromatogram โดยใช้โปรแกรม FinchTV v 1.4.0 เมื่อได้ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ถูกต้องของแต่ละตัวอย่างแล้ว จึงทำการเรียงเทียบด้วยวิธีเปรียบเทียบแบบ CLUSTAL W multiple alignment (Thompson et al., 1994) ในโปรแกรม Bioedit v. 7.0.9 (Hall, 1999) และตรวจทานพร้อมกับการจัดเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ด้วยสายตาอีกครั้ง ก่อนนำส่งไฟล์ของลำดับนิวคลีโอไทด์ที่แล้วเสร็จในรูปแบบไฟล์ Fasta เข้าระบบฐานข้อมูล GenBank ในเว็บของ NCBI ต่อไป พร้อมกับนำชุดลำดับดังกล่าวเข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการต่อไป

การวิเคราะห์สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ

การศึกษาครั้งนี้อ้างอิงตัวอย่างจากการศึกษาของ Sirichamorn และคณะ (2012a) เป็นหลัก (รวม 62 ตัวอย่าง 55 ชนิด 14 สกุล; ตารางที่ 7) โดยพิจารณาเลือกตัวแทนของสมาชิกในสกุลทางไหลทุกชนิดที่มีเขตการกระจายพันธุ์ในพื้นที่ของประเทศไทยจำนวน 17 ชนิด (22 ตัวอย่าง) และชนิดที่มีเขตการกระจายพันธุ์ในพื้นที่ต่างประเทศจำนวน 6 ชนิด (6 ตัวอย่าง) กำหนดให้ *Dalbergia lanceolaria* L.f. เป็น out group ของการศึกษา

ทำการวิเคราะห์สายวิวัฒนาการเพื่อให้ทราบถึงตำแหน่งบนสายวิวัฒนาการของพืชไม่ทราบชนิดที่ศึกษาในครั้งนี้ ด้วยวิธีวิเคราะห์ 3 แบบคือ (1) วิธีวิเคราะห์แบบ maximum parsimony (MP) analysis (2) maximum likelihood (ML) analysis และ (3) bayesian inference (BI) analysis ขั้นตอนการค้นหาแบบจำลองทางวิวัฒนาการดำเนินการใน CIPRES (cyberinfrastructure for phylogenetic research science gateway) web portal ด้วย jModelTest v. 2 (Darriba, 2012) และเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดโดยพิจารณาค่า akaike information criterion (AIC) scores (Akaike, 1974) พบว่า general time reversible (GTR) (Tavaré, 1985) nucleotide substitution model with a gamma distribution หรือ GTR+G คือแบบจำลองวิวัฒนาการที่เหมาะสมที่สุดของข้อมูลลำดับดีเอ็นเอทั้งสามชุดสำหรับใช้ในการสร้างสายวิวัฒนาการด้วยวิธี ML และ BI

MP analyses; สำหรับการวิเคราะห์แบบ MP เพื่อค้นหา tree ที่แสดงการเกิดการเปลี่ยนแปลงบนสายวิวัฒนาการน้อยที่สุดหรือ tree ที่สั้นที่สุดนั้น ดำเนินการโดยใช้โปรแกรม PAUP* (phylogenetic analysis using parsimony *and other methods) v. 4.0 b10 (Swofford, 2003) ภายใต้การค้นหาสายวิวัฒนาการแบบ heuristic จำนวน 10,000 ครั้ง (replicates) แบบสุ่มร่วมกับการอนุমানแก่ง tree (rearrangement) ด้วยคำสั่ง tree bisection reconnection (TBR) branch swapping และ multrees option active (กำหนดค่าของจำนวนรอบไม่เกิน 100) จากนั้นวิเคราะห์ค่าสนับสนุนทางสถิติแบบ bootstrap ของการวิเคราะห์แบบ MP (Felsenstein, 1985) โดยใช้ค่าต่าง ๆ เท่ากับที่ใช้ในคำสั่ง heuristic searches และกำหนดรอบสุ่มในการคำนวณให้เพิ่มขึ้นทีละ 10 โดยค่าสนับสนุนที่ได้จะบอกถึงความน่าเชื่อถือของสายวิวัฒนาการที่เกิดขึ้นตามเกณฑ์ ดังนี้คือ หากค่าอยู่ระหว่าง 85–100 เปอร์เซ็นต์ ถือว่ามีค่าสนับสนุนหรือความเชื่อมั่นของการเกิดกลุ่มทางวิวัฒนาการที่สูง 75–84 เปอร์เซ็นต์ ถือว่ามีค่าปานกลาง 50–74 เปอร์เซ็นต์ ถือว่าเป็นค่าที่ต่ำ และหากค่าที่ได้ต่ำกว่า 50 ลงไป จะมีค่าเทียบเท่ากับการไม่มีค่าสนับสนุนทางสถิติแบบ BS (bootstrap support) เลย

ML analysis; วิเคราะห์สายวิวัฒนาการด้วยการคำนวณความน่าจะเป็นสูงสุดจากชุดข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์สำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์และสร้างสายวิวัฒนาการ ด้วยโปรแกรม IQ-TREE v. 2.2.0 (Nguyen et al., 2015) ภายใต้แบบจำลองทางวิวัฒนาการ GTR+G สำหรับค่าสนับสนุนทางสถิติของการเกิดกลุ่มทางวิวัฒนาการจากการวิเคราะห์แบบ ML มีเกณฑ์เช่นเดียวกับที่ใช้พิจารณาในการวิเคราะห์แบบ MP ผ่านการกำหนดการคำนวณเพื่อประเมินค่าความเชื่อมั่นของสายวิวัฒนาการที่ได้จำนวน 2,000 รอบ

BI analysis; การอนุমানสายวิวัฒนาการแบบ bayesian markov chain monte carlo (MCMC) (Yang & Rannala, 1997) ดำเนินการใน MrBayes v. 3.2.7a (Ronquist et al., 2012) บน CIPRES science gateway v. 3.3 (Miller et al., 2010) ภายใต้แบบจำลองทางวิวัฒนาการ

GTR+G โดยที่ majority-rule consensus tree ได้จากการวิเคราะห์แบบสุ่มในทุก ๆ ลำดับรอบที่ 100 จากจำนวนทั้งหมด 10,000,000 generations ที่เกิดจากการตั้งค่าจำนวนรอบของการจัดกลุ่ม โดยมีการตัดส่วนแรก (burn-in) หรือที่ 25 เปอร์เซ็นต์ (25,000) แรกของการวิเคราะห์ที่ยังไม่คงที่ ออก ค่าสนับสนุนประมาณทางสถิติของการวิเคราะห์นี้อยู่ในรูปแบบของค่า posterior probabilities (PP) โดยหากค่าอยู่ในช่วง 0.95–1 กลุ่มทางวิวัฒนาการที่เกิดขึ้นนั้นมีความน่าเชื่อถือสูง หากค่าอยู่ระหว่าง 0.9–0.94 จะอยู่ในระดับปานกลาง ค่าที่วิเคราะห์ได้มีค่าอยู่ในช่วง 0.5–0.89 ถือว่ามีค่าสนับสนุนกลุ่มที่เกิดขึ้นในระดับต่ำ และหากค่าที่ได้จากการวิเคราะห์นั้นต่ำกว่า 0.5 จะมีค่าเทียบเท่ากับค่าที่ไม่มีค่าสนับสนุนทางสถิติแบบ PP เลย



บทที่ 4 ผลการศึกษา

จากการออกภาคสนามเพื่อสำรวจและเก็บตัวอย่างพืชในแหล่งต่าง ๆ ทางภาคใต้ของประเทศไทย ตามที่มีรายงานพบในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้าง บริเวณหน่วยพิทักษ์ป่าผาดำและทางเข้าน้ำตกโตนปลิว จังหวัดสงขลา และบริเวณพื้นที่ของน้ำตกกรุงชิง อุทยานแห่งชาติเขาหลวง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าในแต่ละพื้นที่มีลักษณะวิสัยรวมถึงสัณฐานวิทยาของลำต้นและใบที่คล้ายคลึงกันมาก จึงอนุมานในเบื้องต้นได้ว่าอาจเป็นชนิดเดียวกัน ปริมาณของตัวอย่างแต่ละส่วนทั้งใบอ่อน ใบที่เจริญเต็มที่ ลำต้น และราก เพียงพอสำหรับใช้ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา กายวิภาคใบ สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ และสสารพฤกษเคมี แต่ในช่วงระยะเวลาที่ออกพื้นที่เก็บตัวอย่างพบว่า มีเพียงพื้นที่หน่วยพิทักษ์ป่าผาดำเท่านั้นที่มีตัวอย่างในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเพศและการสืบพันธุ์ นั่นคือ ดอกและช่อดอก ส่วนฝักและเมล็ดนั้นเป็นตัวอย่างที่ไม่พบเช่นเดียวกับในทุกพื้นที่ ดังนั้นในส่วนของการศึกษาสัณฐานวิทยาโดยละเอียด จึงเน้นไปที่ตัวอย่างจากพื้นที่หน่วยพิทักษ์ป่าผาดำเป็นหลักและเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานวิทยาของใบกับตัวอย่างจากพื้นที่อื่นเพิ่มเติมเท่าที่สามารถทำการศึกษาได้

การศึกษาสัณฐานวิทยา

วิสัยและสัณฐานวิทยาของลำต้น

เมื่อศึกษาลักษณะวิสัยและสัณฐานวิทยาของลำต้นหรือเถาของตัวอย่างพืชในพื้นที่หน่วยพิทักษ์ป่าผาดำ พบว่ามีลักษณะวิสัยเป็นไม้เถาเลื้อยเนื้อแข็ง อายุหลายปี เปลือกของลำต้นมีสีน้ำตาลอ่อนแกมเทา ผิวเรียบเกลี้ยง เมื่อเจริญเต็มที่พบช่องอากาศ (lenticels) กระจายทั่วไป เป็นลักษณะที่ใกล้เคียงกับที่ได้จากการสังเกตตัวอย่างพืชในแหล่งเก็บอื่นอีก 2 พื้นที่ (ภาพที่ 13)

สัณฐานวิทยาของใบ

ใบเป็นใบประกอบแบบขนนกปลายคี่ ใบย่อย 9–11 ใบ เมื่ออ่อนมีสีแดง แผ่นใบบางคล้ายกระดาษถึงกึ่งหนาคล้ายแผ่นหนัง (chartaceous to sub-coriaceous) ก้านใบยาว 6–10.8 เซนติเมตร ด้านบนเป็นร่อง มีขนแข็งเอน (strigose) เล็กน้อยจนเกือบเกลี้ยง แกนกลางใบยาว 10–18 เซนติเมตร ด้านบนเป็นร่อง มีขนแข็งเอนเล็กน้อยจนถึงเกลี้ยง โคนก้านใบป่อง (pulvinus) ยาว 9–15 มิลลิเมตร มีขนแข็งเอนประปราย ไม่มีหูใบย่อย ใบย่อยส่วนปลายใบประกอบ รูปรี รูปหอกกลับหรือรูปขอบขนาน กว้าง 3–4.3 เซนติเมตร ยาว 10–18.3 เซนติเมตร อัตราส่วนระหว่างความยาวและความกว้างของใบ 3.2–4.3 โคนรูปกลม ปลายเรียวแหลม ตั้งปลายใบยาว 7.2–18 มิลลิเมตร ปลายหยักเว้าเล็กน้อย (emarginate) ผิวด้านบนเกลี้ยง ยกเว้นเส้นกลางใบย่อยและเส้นแขนงใบย่อยมีขนต่อมและขนแข็งเอนเล็กน้อย (ภาพที่ 14) ผิวด้านล่างเกลี้ยงจนถึงมีขนแข็งเอน

ประปรายที่เส้นกลางใบย่อยและผิวใบย่อยเล็กน้อย เส้นกลางใบย่อยมีขนต่อมและขนแข็งเอนเล็กน้อย มักมีสีออกแดงโดยเฉพาะในใบที่ได้รับแสง ขอบใบมีขนประปราย เส้นใบและเส้นแขนงใบด้านบนขนานหรือเรียบ ด้านล่างขนชด เส้นแขนงใบข้างละ 7-9 เส้น ระยะห่างระหว่างเส้นแขนงใบ 0.7-2.7 เซนติเมตร ปลายโค้งขึ้นไปหาปลายใบแต่ไม่เชื่อมกับเส้นแขนงใบที่อยู่ถัดไป การแตกแขนงของเส้นใบเป็นแบบร่างแห โคนก้านใบป่อง ยาว 5-6.5 มิลลิเมตร มีขนแข็งเอนประปราย ใบย่อยด้านข้างของใบประกอบมีลักษณะคล้ายใบย่อยส่วนปลายใบประกอบ รูปรี รูปไข่กลับหรือรูปไข่ กว้าง 3-4.4 เซนติเมตร ยาว 10-18.8 เซนติเมตร อัตราส่วนระหว่างความยาวและความกว้างของใบ 3-4.3 โคนก้านใบป่อง ยาว 4.5-6.5 มิลลิเมตร มีขนแข็งเอนเล็กน้อย

อย่างไรก็ตาม ได้มีการบันทึกถึงลักษณะทางสัณฐานวิทยาของใบจากตัวอย่างที่เก็บจากพื้นที่อื่นร่วมด้วย จากการสังเกตพบว่าตัวอย่างใบจากอีก 2 แหล่งเก็บ คือบริเวณทางเข้าน้ำตกโตนปลิว เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้าง จังหวัดสงขลา และน้ำตกกรุงชิง อุทยานแห่งชาติเขาลง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีรูปร่างใบย่อยส่วนปลายใบประกอบและใบย่อยด้านข้างใบประกอบคล้ายคลึงกัน รวมถึงยังมีจำนวนใบย่อยในหนึ่งใบไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4) คือมีจำนวนใบย่อย 9-11 ใบ เมื่ออ่อนใบอ่อนมักมีการสะสมของรงควัตถุที่ทำให้ใบเป็นสีแดง โดยจะเห็นเป็นสีแดงทั้งแผ่นใบทั้งบริเวณก้านใบ (petiole) แกนกลางของใบประกอบ (rachis) เส้นกลางใบ (midrib) และบริเวณแผ่นใบ (leaf blade) ซึ่งบริเวณเส้นกลางใบของใบย่อยจะมีสีแดงจนกระทั่งใบเจริญเต็มที่แม้ว่าแผ่นใบและบริเวณอื่นจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวแล้วก็ตาม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในใบที่ได้รับแสง (ภาพที่ 13) อย่างไรก็ตาม ตัวอย่างจากจังหวัดนครศรีธรรมราชนั้น ไม่แสดงลักษณะสีดังกล่าวออกมาให้เห็นเด่นชัดเนื่องจากพบทั้งตัวอย่างใบที่แสดงเส้นกลางใบย่อยสีเขียวหรือมีสีแดงปนเล็กน้อย



ตารางที่ 4 สัณฐานวิทยาใบเปรียบเทียบของพืชสกุลหางไหลไม่ทราบชนิดจากประชากร 3 แหล่งเก็บ

ลักษณะ	แหล่งเก็บ		
	หน่วยพิทักษ์ป่าผาดำ	ทางเข้าน้ำตกโตนปลิว	น้ำตกกรุงชิง
จำนวนใบย่อย	9-11	9-11	11
ความยาวก้านใบ (cm)	6-10.8	5.5-13.3	8.6-9.2
ความยาวแกนกลางใบ (cm)	10-18	10.5-23.5	16.4-16.6
ความยาวโคนก้านใบป่อง (mm)	9-15	6-18	9-10
สีใบอ่อน	แดง	แดง	แดง
สีเส้นกลางใบย่อย	แดง (หรือเขียว ในใบที่อยู่ในที่ร่ม)	แดง (หรือเขียว ในใบที่อยู่ในที่ร่ม)	เขียว (หรืออาจพบสีแดง ปนเล็กน้อย)
ใบย่อยส่วนปลายใบประกอบ			
รูปร่าง	รูปรี รูปหอกกลับ หรือรูปขอบขนาน	รูปรี รูปหอกกลับ หรือรูปขอบขนาน	รูปรี รูปหอกกลับ หรือรูปขอบขนาน
ความกว้าง (cm)	3.0-4.3	4.6-6.2	4.3-5.5
ความยาว (cm)	10-18.3	12.2-20.5	12.8-14.5
อัตราส่วนระหว่างความยาว และความกว้างของใบ	3.2-4.3	2.35-3.78	2.53-3.02
จำนวนเส้นแขนงใบต่อข้าง	7-9	6-11	7-9
ระยะห่างระหว่างเส้นแขนงใบ (cm)	0.7-2.7	0.5-4.2	0.9-2.4
ความยาวตั้งปลายใบ (mm)	7.2-18	2-22	6-7
ความยาวโคนก้านใบป่อง (mm)	5-6.5	4-10	4-5
รูปโคนและปลายใบ	โคนรูปลิ้ม ปลายเรียวแหลม	โคนรูปลิ้ม ปลายเรียวแหลม	โคนรูปลิ้ม ปลายเรียวแหลม
รูปปลายตั้งปลายใบ	เป็นหยักเว้าตื้น	กลมมน	กลมมน
ใบย่อยด้านข้างใบประกอบ			
รูปร่าง	รูปรี รูปไข่กลับ หรือรูปไข่	รูปรี รูปหอกกลับ หรือรูปขอบขนาน	รูปรี รูปหอกกลับ หรือรูปขอบขนาน
ความกว้าง (cm)	3-4.4	3.6-6.7	3.5-4.6
ความยาว (cm)	10-18.8	8.8-20.5	8.3-13.4
อัตราส่วนระหว่างความยาว และความกว้างของใบ	3-4.4	1.93-3.95	1.91-3.29
จำนวนเส้นแขนงใบต่อข้าง	4-8	4-11	6-10
ระยะห่างระหว่างเส้นแขนงใบ (cm)	1.3-3.3	0.3-3.8	0.2-2.7
ความยาวตั้งปลายใบ (mm)	4-11	3-23	4-6
ความยาวโคนก้านใบป่อง (mm)	4.5-6.5	4-7	0.5-0.7
รูปปลายตั้งปลายใบ	เป็นหยักเว้าตื้น	กลมมน	กลมมน

สัณฐานวิทยาของช่อดอกและดอก

(บรรยายจากตัวอย่างที่เก็บจากหน่วยพิทักษ์ป่าผาดำ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้างแห่งเดียว; ภาพที่ 13, 15 และ 16)

ช่อดอกเป็นช่อดอกแบบมีแขนงข้างเทียมออกตามซอกใบหรือปลายกิ่ง ยาว 40–50 เซนติเมตร ใบประดับรองรับช่อดอกรูปสามเหลี่ยม กว้าง 1.8–2.5 มิลลิเมตร ยาว 2–2.6 มิลลิเมตร ด้านนอกมีขนที่ฐานและขอบปลายใบประดับ ด้านในเกลี้ยง ก้านช่อดอกยาว 2–7 เซนติเมตร มีขนแข็งเอนเล็กน้อยและมีช่องอากาศกระจายทั่วไป ใบประดับรองรับแขนงช่อดอก รูปสามเหลี่ยม ฐานกว้าง 1.8–2.4 มิลลิเมตร สูง 2–2.5 มิลลิเมตร ด้านนอกมีขนที่ฐานและขอบปลายใบประดับ ด้านในเกลี้ยง แขนงช่อดอกยาว 3.4–15 เซนติเมตร มีขนแข็งสั้นที่ส่วนโคนและมีขนยาวกระจายทั่ว มีช่องอากาศกระจายทั่ว ใบประดับรองรับกิ่งงั้น รูปไข่หรือรูปสามเหลี่ยม กว้าง 0.8–1.4 มิลลิเมตร ยาว 1–2.5 มิลลิเมตร ด้านนอกมีขนที่ฐานและขอบปลายใบประดับ ด้านในเกลี้ยง กิ่งงั้น มีลักษณะเป็นตุ่มหรือยึดยาวออกเป็นรูปทรงกระบอก ยาว 1–12 มิลลิเมตร ประกอบด้วยดอกจำนวน 2–8 ดอก มีขนแข็งเอนปกคลุม ใบประดับรองรับดอกย่อยรูปไข่หรือรูปสามเหลี่ยม กว้าง 0.7–1 มิลลิเมตร ยาว 0.7–0.9 มิลลิเมตร ด้านนอกมีขนที่ฐานและขอบปลายใบประดับ ด้านในเกลี้ยง ก้านดอกย่อยยาว 3.5–5.2 มิลลิเมตร มีขนแข็งเอนปกคลุม ใบประดับย่อยติดกับส่วนฐานของกลีบเลี้ยง รูปไข่ ครึ่งวงกลมหรือรูปสามเหลี่ยม กว้าง 0.5–0.7 มิลลิเมตร ยาว 0.6–0.9 มิลลิเมตร ด้านนอกมีขนแข็งเอนประปราย ขอบมีขนเล็กน้อย ด้านในเกลี้ยง กลีบเลี้ยงสีออกแดงจนถึงแดงเข้มแกมม่วง โคนเชื่อมติดกันเป็นรูปถ้วย ปลายแยกเป็น 5 แฉก ยาว 3.4–4.2 มิลลิเมตร ด้านนอกมีขนแข็งเอนประปราย และที่ขอบมีขนเล็กน้อย ด้านในเกลี้ยง กลีบดอกสีชมพูอ่อนหรือสีชมพู กลีบกลาง (standard) รูปกลมหรือรูปไข่ กว้าง 8.6–9.3 มิลลิเมตร ยาว 8.5–10 มิลลิเมตร ปลายกลีบหักเว้าตื้น บริเวณฐานของกลีบกลางมีแต้มสีเขียวแกมสีเหลือง ไม่ปรากฏรอยด้าน (callosities) ที่ส่วนฐาน ก้านกลีบยาว 1.5–2.8 มิลลิเมตร ด้านนอกมีขนบริเวณส่วนกลางของกลีบจนถึงปลายกลีบ ด้านในมีขนที่ปลายกลีบ กลีบคู่ข้าง (wings) รูปรีหรือรูปไข่ กว้าง 3.1–4 มิลลิเมตร ยาว 7.3–8.2 มิลลิเมตร ปลายเรียวยาวมน โคนกลีบด้านบนมีติ่งกลีบ (auricle) ยาว 0.5–0.9 มิลลิเมตร ติ่งกลีบด้านล่างเห็นไม่ชัดเจนหรือไม่มี มีรอยพับย่นคล้ายถุง (pocket) ทางด้านข้างของกลีบ ยาว 1.4–2.2 มิลลิเมตร ก้านกลีบยาว 1.8–3.5 มิลลิเมตร กลีบด้านนอกมีขนที่บริเวณกลางกลีบจนถึงปลายกลีบ ด้านในมีขนที่ปลายกลีบ กลีบคู่ล่าง (keel) รูปเรือ กว้าง 2.3–3 มิลลิเมตร ยาว 7–7.8 มิลลิเมตร ปลายเป็นหยักเว้าบุ่ม (retuse) โคนด้านบนมีติ่งกลีบยาว 0.5–1 มิลลิเมตร ติ่งกลีบด้านล่างเห็นไม่ชัดเจนหรือไม่มี มีรอยพับคล้ายถุง ทางด้านข้างของกลีบ ยาว 1–2.1 มิลลิเมตร ก้านกลีบยาว 1–2.9 มิลลิเมตร กลีบด้านนอกและด้านในมีขนที่ส่วนของปลายกลีบ และพบประปรายในบริเวณที่เป็นเส้นกลีบดอกด้วย เกสรเพศผู้ 10 อัน ก้านชูอับเรณูเชื่อมติดกันเป็นหลอดโอบล้อมเกสรเพศเมีย ก้านชูอับเรณูยาว 2.8–4.6 มิลลิเมตร ส่วนที่ไม่เชื่อมกันยาว 1.5–3.1 มิลลิเมตร มีขนประปราย อับเรณูกว้าง 0.2–0.3 มิลลิเมตร ยาว 0.5–0.6 มิลลิเมตร เกลี้ยง ยกเว้นส่วนฐานมีขน ฐานดอกค่อนข้างนูนหยักเป็นพู ประมาณ 10 พู เกลี้ยง รังไข่ ยาว 3.5–5 มิลลิเมตร มีขนคล้ายไหม (sericeous) ปกคลุม ออวูล์ต่อรังไข่ประมาณ 4 ออวูล์

ก้านรังไข่เห็นไม่ชัดเจน ก้านยอดเกสรเพศเมียเรียวยาว 5.6–7.4 มิลลิเมตร มีขนคล้ายไหมที่ส่วนฐานและค่อย ๆ เรียบเกลี้ยงเมื่อเข้าใกล้ยอดเกสรเพศเมีย ไม่พบฝักและเมล็ดในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

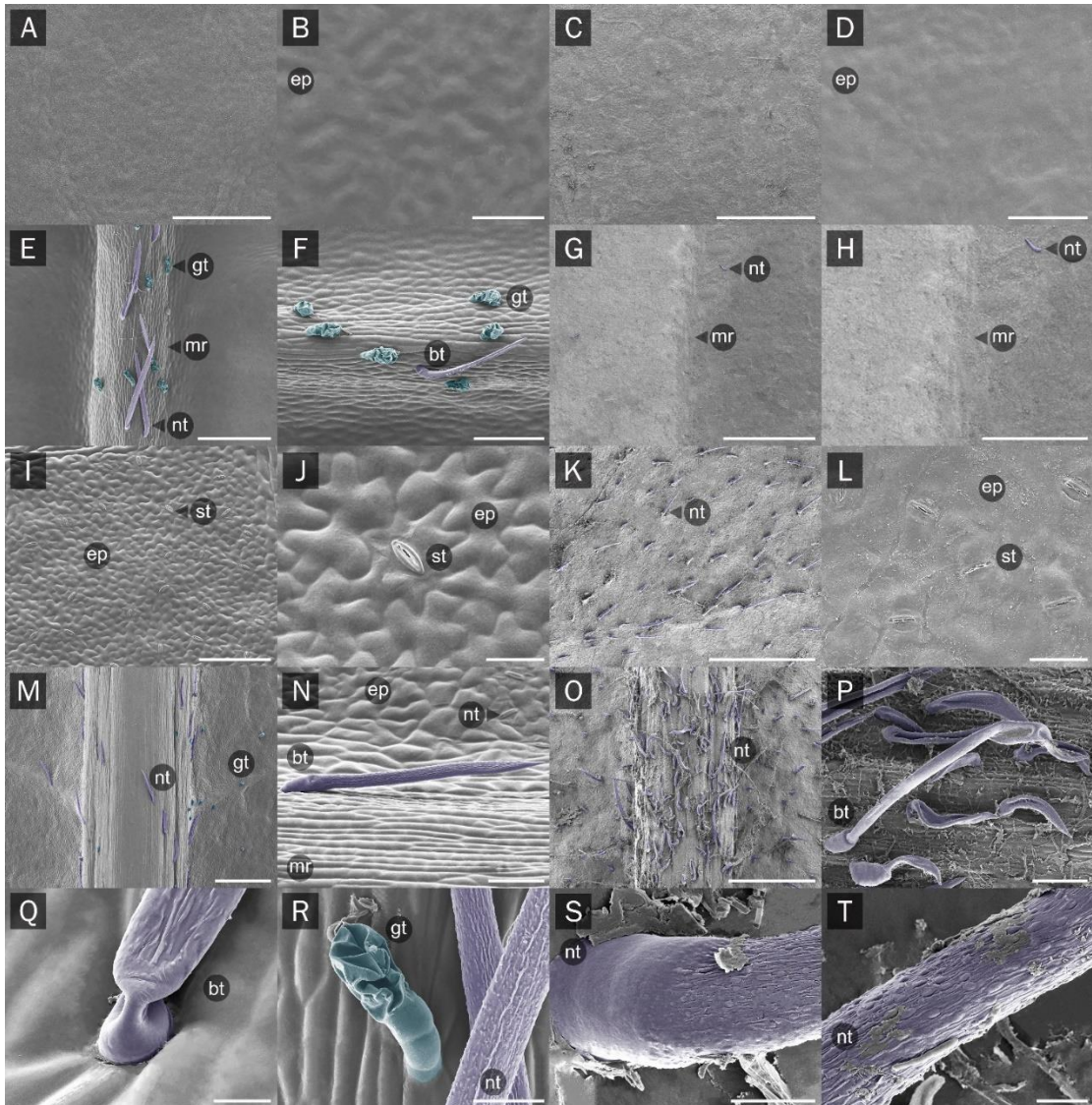
สัณฐานวิทยาเปรียบเทียบพืชไม่ทราบชนิดกับหางไหลชน

การพิจารณาลักษณะสัณฐานวิทยาโดยละเอียดทั้งส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับเพศและส่วนที่เกี่ยวข้องกับเพศและการสืบพันธุ์ ระหว่างพืชไม่ทราบชนิดกับชนิดเลือกเปรียบเทียบคือหางไหลชน ได้มาซึ่งข้อมูลอันแสดงถึงลักษณะเฉพาะของพืชไม่ทราบชนิดในการศึกษาคั้งนี้จำนวนมาก ดังแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 5 และภาพที่ 15





ภาพที่ 13 สัณฐานวิทยาของพืชมะม่วงน้ำดอกไม้; ถิ่นที่อยู่และลักษณะวิสัย (A) ใบ (B) ลำต้น (C) ใบ แสดงใบอ่อนสีแดง (D) ใบ แสดงเส้นกลางใบย่อยที่เจริญเต็มที่ ยังคงมีสีแดง (E) ผิวเส้นกลางใบด้านบน (F) ผิวเส้นกลางใบด้านล่าง (G) ช่อดอก (H) ภาพขยายช่อดอก (I-J) ภาพขยายดอก (K) ภาพโดย Punvarit Boonprajan (A-B, D-G) Charan Leeratiwong (C, H-K)



ภาพที่ 14 สัณฐานวิทยาผิวใบภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด; ผิวใบด้านบน (A-D) และด้านล่าง (I-L) ผิวเส้นกลางใบด้านบน (E-H) และด้านล่าง (M-P) รยางค์ผิวใบแบบ non-glandular (Q-T) และ glandular trichomes (R); โดยคอลัมน์ที่ 1 และ 2 นับจากซ้ายมือ (A, B, E, F, I, J, M, N, Q, R) แสดงลักษณะจากตัวอย่างใบพืชไม่ทราบชนิด และคอลัมน์ที่ 3 และ 4 จากซ้ายมือ (C, D, G, H, K, L, O, P, S, T) แสดงลักษณะจากตัวอย่างจากใบทางไหลชน (อักษรย่อ bt, bi-cellular non-glandular trichome; ep, epidermal cell; gt, glandular trichome; mr, midrib; nt, non-glandular trichome; st, stoma); ขนาดมาตรวัด 5 μm (T) 10 μm (Q, S) 20 μm (J, L, R) 50 μm (B, D, N, P) 100 μm (F, I) 200 μm (E) 500 μm (A, C, H, K, M, O) 1000 μm (G)



ภาพที่ 15 สัณฐานวิทยาแบบมหรรณและจุลทรรศน์ของดอกและใบย่อยของใบประกอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ; ดอกและช่อดอก (A, B) ฝิวด้านนอก (A1, B1) และฝิวด้านในของกลีบกลาง (A2, A2) ฝิวด้านนอก (A3, B3) และฝิวด้านในของกลีบคู่ล่าง (A4, B4) ฝิวใบด้านนอก (A5, B5) และฝิวใบด้านในของกลีบคู่ข้าง (A6, B6) เกสรเพศผู้ (A7.1, B7.1) เกสรเพศผู้, อับเรณู (A7.2, B7.2) เกสรเพศเมีย (A8.1, B8.1) เกสรเพศเมีย, ส่วนปลาย (A8.2, B8.2) ฝิวใบด้านบน (A9, B9) ฝิวใบด้านล่าง (A10, B10) พืชไม่ทราบชนิด (A, A1–A10) ทางไหลชน (B, B1–B10); มาตรฐานวัด 1 mm ภาพโดย Charan Leeratiwong

(A, B) Punvarit Boonprajan (A1–A10, B1–B10)



ภาพที่ 16 ภาพลายเส้นของพืชไม้ตระกูลถั่วชนิด; ช่อดอกและใบ (A) ภาพขยายช่อดอกแสดงตาดอกและกิ่งงั้น (B) ดอก (C) ด้านนอก (D) และด้านในของกลีบกลาง (E) ด้านนอก (F) และด้านในของกลีบคู่ล่าง (G) ด้านนอก (H) และด้านในของกลีบคู่ข้าง (I) เกสรเพศผู้ (J) อับเรณูและปลายก้านชูอับเรณู (K) เกสรเพศเมีย (L) ผิวใบด้านบน (M) ผิวใบด้านล่าง (N); มาตรฐาน 5 mm (A, B) 1 mm (C–N)

ภาพโดย Punvarit Boonprajan

ตารางที่ 5 สันฐานวิทยาจุลภาคและมหภาคเปรียบเทียบระหว่างพืชไม้ทรอปิคอลกับชนิดที่มีความใกล้เคียงทางสันฐานวิทยา เขตการกระจายพันธุ์ และตำแหน่งบนสายวิวัฒนาการ; ทางไหลชน

ลักษณะ	ชนิด	
	<i>Derris</i> sp.	<i>Derris pubipetala</i> Miq.
ส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับเพศและการสืบพันธุ์		
สีราก	น้ำตาลหรือน้ำตาลแกมเทา	สีออกแดงหรือน้ำตาลแกมแดง
สีเปลือกเถา	น้ำตาลอ่อนจนถึงสีออกเทา	แดงเข้มจนถึงน้ำตาลเข้ม
สีใบอ่อน	แดง	เขียวหรือน้ำตาล
จำนวนใบย่อย	9-11	5-9
ความยาวของก้านใบ (cm)	5.5-13.3	1.5-6
ความยาวของแกนกลางใบ (cm)	10-23.5	3.5-9
ความยาวของโคนก้านใบป่อง (mm)	6-18	5-10
สีเส้นกลางใบย่อย	แดง	เขียว
	(หรือเขียวในใบที่อยู่ในที่ร่ม)	
การปรากฏสิ่งปกคลุมบนผิวใบ	ผิวด้านบนเกลี้ยง ยกเว้นเส้นกลางใบย่อยและเส้นแขนงใบย่อยมีขนแข็ง เอนเล็กน้อย ผิวด้านล่างเกลี้ยงจนถึงมีขนแข็งเอนประปรายที่เส้นกลางใบย่อยและผิวใบย่อยเล็กน้อย ขอบใบมีขนประปราย	ผิวด้านบน ด้านล่าง และขอบใบมีขนแข็งเอนหนาแน่นหรือขึ้นกระจายเล็กน้อยในบางประชากร
ความยาวใบย่อย	10-20.5	5.5-12.5
ส่วนปลายใบประกอบ (cm)		
ความกว้างใบย่อย	3-6.2	2.2-5
ส่วนปลายใบประกอบ (cm)		
จำนวนเส้นแขนงใบต่อข้าง	6-11	4-9
ความยาวใบย่อย	8.8-20.5	3.5-11
ด้านข้างใบประกอบ (cm)		
ความกว้างใบย่อย	3-6.7	1.7-4.5
ด้านข้างใบประกอบ (cm)		
ส่วนที่เกี่ยวข้องกับเพศและการสืบพันธุ์		
ความยาวช่อดอก (cm)	40-50	5-28
จำนวนดอกบนแขนงข้างเทียม	2-8	5-7
ความยาวก้านดอก (mm)	3.5-5.2	2-6
ตำแหน่งใบประดับรองรับดอก	ฐานของกลีบเลี้ยง	ก้านดอก
สีกลีบเลี้ยง	สีออกแดงจนถึงแดงเข้ม	สีน้ำตาลแดงออกม่วง
สีกลีบดอก	สีชมพูอ่อนหรือสีชมพู	สีขาวหรือเขียวออกซีด
ลักษณะกลีบคู่ข้าง	เหยียดตรงขนานไปกับกลีบคู่กลาง	ส่วนปลายโค้งงอหรือหักไปด้านหลัง
รูปร่างกลีบคู่ข้าง	รูปรีหรือรูปไข่	รูปรีหรือรูปหอก

ลักษณะ	ชนิด	
	<i>Derris</i> sp.	<i>Derris pubipetala</i> Miq.
รูปร่างปลายกลีบคู่ข้าง	ปลายเรียววามน obtuse-long	โค้งมน
ดิ่งกลีบด้านล่างบนกลีบคู่ล่าง	ไม่ปรากฏ	ปรากฏ
รูปร่างปลายกลีบคู่ล่าง	หยักเว้ามน	กลมมน
ก้านชูอับเรณู	มีขนประปราย	เรียบเกลี้ยง
ส่วนฐานของอับเรณู	มีขน	เรียบเกลี้ยง
รูปร่างจานฐานดอก	ค่อนข้างนูนหยักเป็นพู	เป็นรูปร่าง
จำนวนอวุลต่อรังไข่	ประมาณ 4	3-5



กายวิภาคใบ

พืชสกุลหางไหลไม่ทราบชนิด

กายวิภาคเนื้อเยื่อผิวใบ

ตัวอย่างผิวใบของพืชไม่ทราบชนิดทั้ง 3 แหล่งเก็บมีความคล้ายคลึงกันในภาพรวม (ภาพที่ 17) กล่าวคือ เนื้อเยื่อผิวใบบนแผ่นใบทั้งสองฝั่งประกอบด้วยเซลล์ที่มีลักษณะหยักเว้าเป็นพู (lobed) คล้ายรูปจิกซอร์ พบปากใบ 2 รูปแบบ ในทุกตัวอย่างคือ ปากใบแบบพาราไซติก (paracytic stomata) หรือ parallel-celled รูปแบบปากใบที่มีเซลล์ข้างเซลล์คุม (subsidiary cells) จำนวน 2 เซลล์ ประกอบขนานข้างตามแนวยาวของเซลล์คุม (guard cells) ผนังของเซลล์ข้างเซลล์คุมด้านตรงข้ามกับด้านที่ติดกับเซลล์คุมมีรูปร่างหยักเว้าคล้ายกับที่พบในเซลล์ผิวใบ ซึ่งเป็นชนิดของปากใบที่พบเป็นหลัก ส่วนอีกรูปแบบคือชนิดของปากใบแบบอะนอโมไซติก (anomocytic stomata) ซึ่งเป็นปากใบแบบที่ไม่มีเซลล์ข้างเซลล์คุม พบในปริมาณที่น้อยกว่ากระจายปะปนอยู่กับปากใบแบบพาราไซติกที่พบเป็นส่วนใหญ่ อีกทั้งตำแหน่งของปากใบในทุกตัวอย่างที่ศึกษาสามารถพบได้เฉพาะบริเวณเนื้อเยื่อผิวใบด้านล่างเท่านั้น ใบของพืชไม่ทราบชนิดนี้จึงเป็นใบแบบ hypostomatic leaf ตัวอย่างผิวใบจากหน่วยพิทักษ์ป่าผาดำและบริเวณพื้นที่ทางเข้าน้ำตกโตนปลิว จังหวัดสงขลา นอกจากลักษณะของเซลล์ผิวใบที่หยักเว้าเป็นพูชัดเจนแล้ว ยังปรากฏเซลล์ผิวที่มีรูปร่างค่อนข้างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าจนถึงรูปร่างไม่แน่นอนบริเวณใกล้กับแขนงเส้นใบในบางตำแหน่งของเนื้อเยื่อผิวใบด้านบนอีกด้วย โดยผนังเซลล์ของเซลล์ผิวบริเวณดังกล่าวจะหยักเว้าตื้นกว่าเซลล์ผิวบริเวณอื่นที่เส้นใบทั้งสองฝั่งของแผ่นใบมีการสะสมผลึกรูปปริซึมค่อนข้างหนาแน่น พบรอยค้ำผิวปรากฏทั้งที่ผิวใบด้านบนและด้านล่าง ลักษณะเป็นเส้นหรือขนเซลล์เดี่ยวแบบไม่มีต่อม (unicellular non-glandular trichomes) ลักษณะแข็ง ผนังเซลล์มีลักษณะขรุขระเป็นตุ่มหรือปุ่มกระจายทั่ว ขึ้นกระจายเล็กน้อยทั้งที่แผ่นใบ แขนงเส้นใบย่อย และเส้นกลางใบย่อย ส่วนตัวอย่างใบจากน้ำตกกรุงชิง แสดงรูปร่างหรือลักษณะของเซลล์ผิว การปรากฏของขน รวมถึงลักษณะและตำแหน่งการสะสมของผลึกไม่มีความแตกต่างกันมากนักกับตัวอย่างจากพื้นที่สองแหล่งเก็บแรก

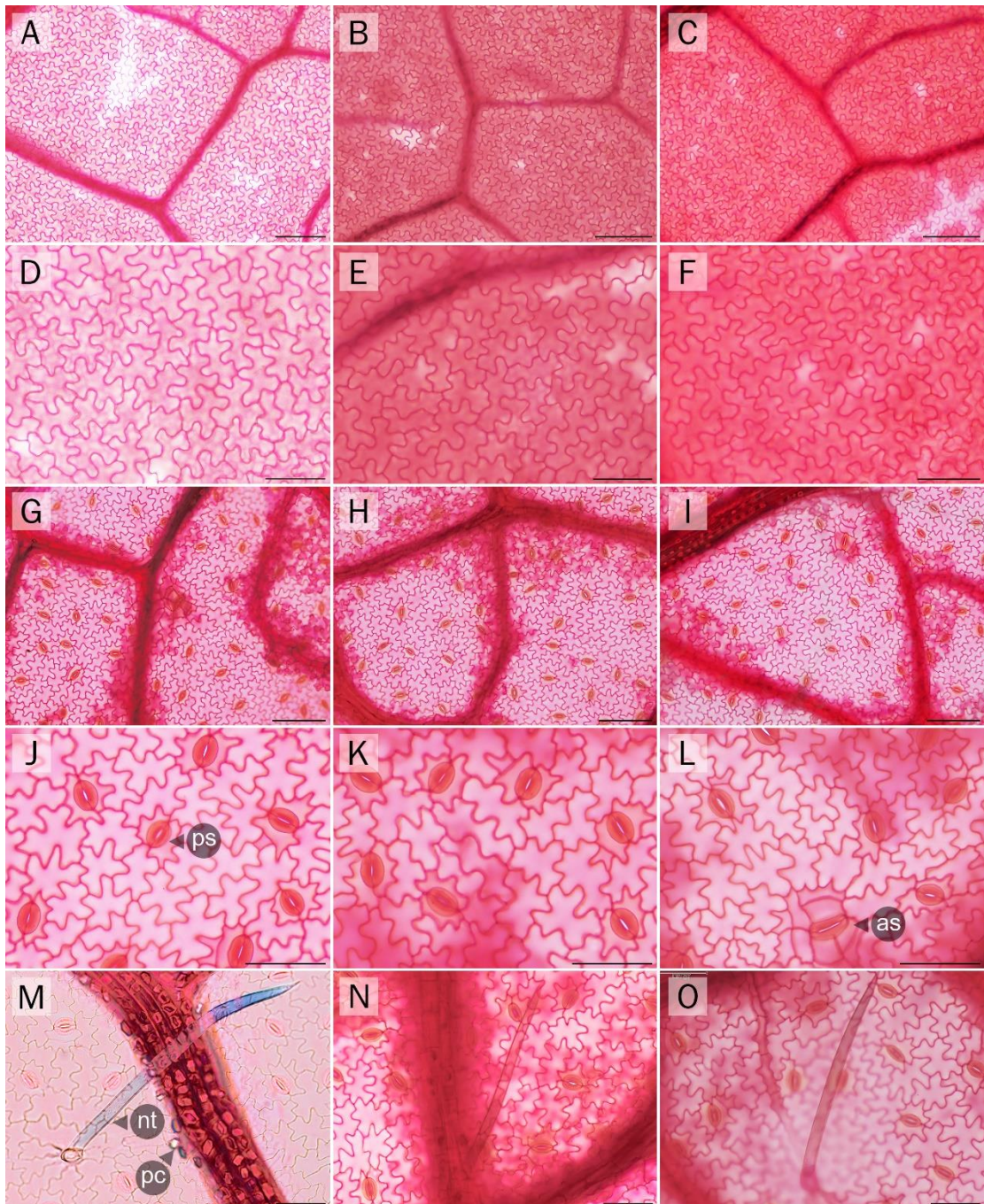
เมื่อพิจารณาลักษณะของเซลล์เนื้อเยื่อผิวใบพบว่าความกว้างของเซลล์เนื้อเยื่อผิวใบ (epidermal cells) ด้านบนกว้าง 36.74–74.57 ไมโครเมตร เซลล์เนื้อเยื่อผิวใบด้านล่าง (adaxial surface) กว้าง 35.67–40.42 ไมโครเมตร เซลล์เนื้อเยื่อผิวใบด้านบนยาวเท่ากับ 47.68–59.99 ไมโครเมตร ช่วงความยาวของเซลล์ผิวใบด้านล่าง มีค่าระหว่าง 49.79–63.41 ไมโครเมตร จากการตรวจสอบรายละเอียดบนปากใบของตัวอย่างพืชไม่ทราบชนิดจากแหล่งเก็บที่ต่างกัน พบว่าจำนวนของปากใบที่มีตำแหน่งอยู่บนผิวทางด้านล่างของแผ่นใบนั้น (abaxial leaf surface) มีจำนวนระหว่าง 102–108 ปากใบต่อพื้นที่ 1 ตารางมิลลิเมตร ขนาดปากใบในพืชไม่ทราบชนิดมีความยาว 22.16–24.12 ไมโครเมตร ความกว้างเท่ากับ 16.36–18.35 ไมโครเมตร เซลล์คุมกว้าง 7.75–9.13 ไมโครเมตร ยาว 24.45–24.58 ไมโครเมตร เมื่อคำนวณหาค่าดัชนีบ่งชี้ปากใบเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนปากใบกับจำนวนเซลล์ผิวต่อพื้นที่หนึ่ง ๆ ในทุกตัวอย่าง พบว่าค่าดัชนีปากใบที่วิเคราะห์ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 16.31–16.94 (ภาพที่ 17 ตารางที่ 6)

กายวิภาคตัดขวางของแผ่นใบ

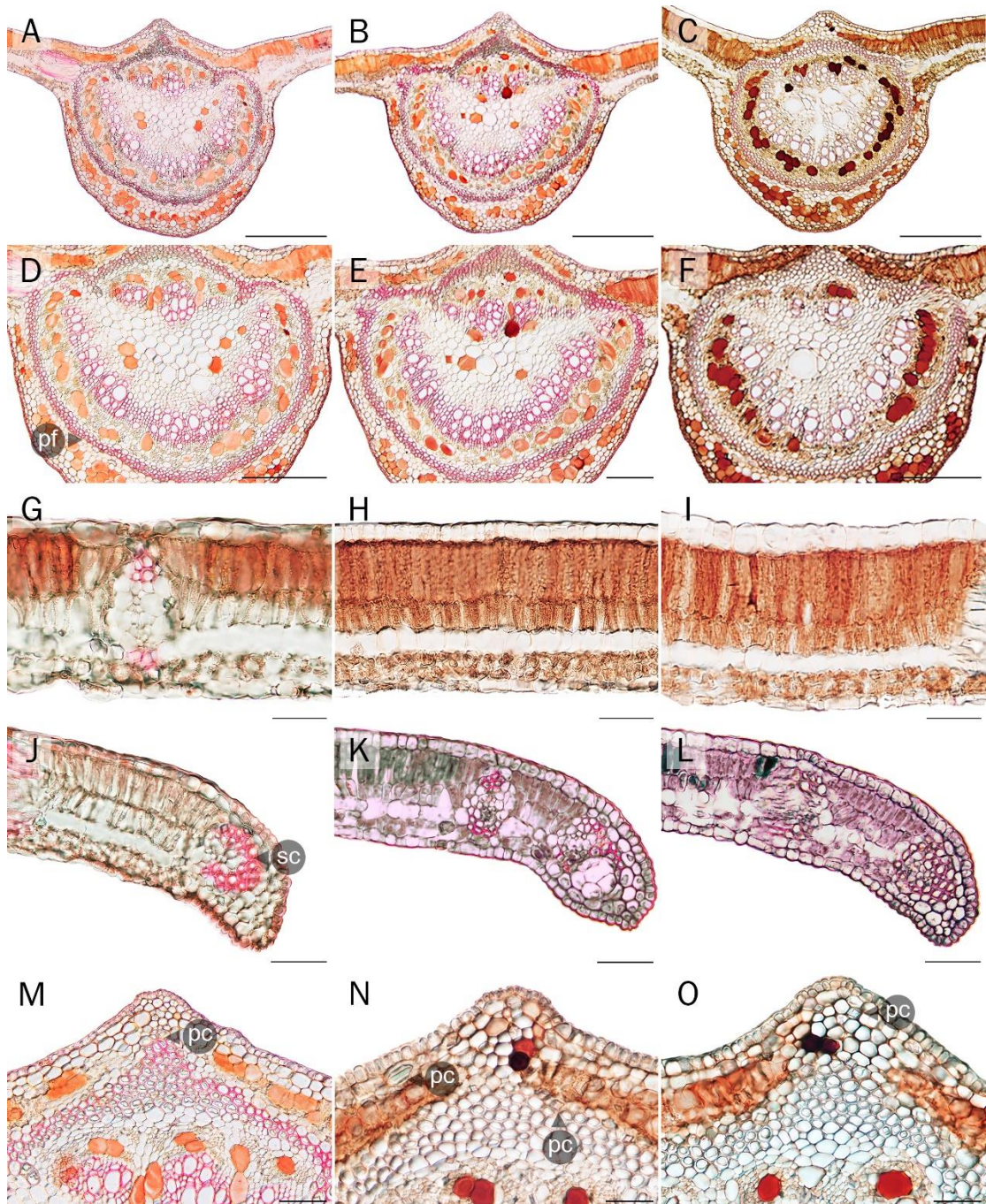
ภาพตัดขวางของเส้นกลางใบรูปร่างค่อนข้างกลม ด้านบนมีสันนูนชัดเจน ระยะในแนวระนาบ กว้าง 929.87–1355.05 ไมโครเมตร ระยะในแนวตั้ง 960.98–1410.39 ไมโครเมตร เนื้อเยื่อผิวใบ บริเวณเส้นกลางใบรูปสี่เหลี่ยมจนถึงค่อนข้างกลม สูง 5.81–12.14 ไมโครเมตร บริเวณชั้นคอร์เทกซ์ มีการสะสมสารสีแดงภายในเซลล์ มีดท่อลำเลียงรูปพัดหรือรูปครึ่งวงกลม พบเพอริเวสคิวลาร์ ไฟเบอร์ (perivascular fibers) ล้อมรอบมัดท่อลำเลียง มีดท่อลำเลียงประกอบด้วยเนื้อเยื่อลำเลียง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียงขนาดเล็กรูปพัดทางด้านบนและกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียงขนาดใหญ่รูปเกือบม้า ทางด้านล่าง ตรงกลางมัดเนื้อเยื่อลำเลียงเป็นเนื้อเยื่อพิธ (pith) ซึ่งประกอบด้วยเซลล์พาราเรงไคมาที่ อาจพบการสะสมของรงควัตถุในเซลล์บ้างเล็กน้อย มีดเนื้อเยื่อลำเลียงกว้าง 789.69–1207.18 ไมโครเมตร สูง 648.86–1097.52 ไมโครเมตร พบรยางค์ผิวแบบสองเซลล์ชนิดที่ไม่ใช่ขนต่อม (bicellular non-glandular trichome) และรยางค์ผิวเป็นขนต่อม (glandular trichome) ขึ้นกระจายบนผิวใบทางด้านบนและด้านล่างของเส้นกลางใบ (ภาพที่ 18 ตารางที่ 6)

แผ่นใบ (บริเวณกลางใบ) หนา 179.04–247.04 ไมโครเมตร เนื้อเยื่อผิวใบด้านบนและทางด้านล่างมีรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความหนาหนึ่งชั้นเซลล์ เซลล์ผิวใบด้านบนมีขนาดใหญ่กว่าทางด้านล่าง ด้านบนสูง 17.87–29.47 ไมโครเมตร ด้านล่างสูง 11.93–13.78 ไมโครเมตร ใบเป็นใบแบบ dorsiventral (รูปแบบของใบที่ชั้นมีโซฟิลล์มีองค์ประกอบด้านบนและด้านล่างต่างกันหรือแยกจากกันชัดเจน) แบ่งเป็นชั้นพาลิเสด มีโซฟิลล์ (palisade mesophyll) ทางด้านบนและสpongจี มีโซฟิลล์ (spongy mesophyll) ทางด้านล่าง ชั้นพาลิเสด มีโซฟิลล์ประกอบด้วยเซลล์พาลิเสดพาราเรงไคมา (parenchyma) รูปทรงกระบอกเรียวยาว เรียงตัวกัน 2(–3) ชั้นเซลล์ หนา 93.66–127.90 ไมโครเมตร ชั้นสpongจี มีโซฟิลล์ประกอบขึ้นจากเซลล์รูปร่างไม่แน่นอนเรียงตัวค่อนข้างอัดแน่น มีช่องว่างระหว่างเซลล์ (air space) น้อย หนา 45.77–85.98 ไมโครเมตร

บริเวณขอบใบค่อนข้างโค้งหรือม้วนลง หนา 149.28–137.68 ไมโครเมตร เนื้อเยื่อผิวใบรูปร่างคล้ายกับที่พบในตำแหน่งเส้นกลางใบและแผ่นใบ เนื้อเยื่อผิวใบด้านบน สูง 9.4–12.03 ไมโครเมตร เนื้อเยื่อผิวใบด้านล่าง สูง 6.69–9.04 ไมโครเมตร ชั้นพาลิเสด มีโซฟิลล์ หนา 2 ชั้นเซลล์ หรือ 67.72–79 ไมโครเมตร ชั้นสpongจี มีโซฟิลล์ หนา 30.11–34.45 ไมโครเมตร



ภาพที่ 17 กายวิภาคผิวใบเปรียบเทียบระหว่างพืชสกุลทางไหลไม่ทราบชนิดจาก 3 ประชากร; ผิวใบด้านบน (A-F) และด้านล่าง (G-L) ตัวอย่างจากหน่วยพิทักษ์ป่าผาดำ (A, D, G, J, M) น้ำตกโตนปลิว (B, E, H, K, N) น้ำตกกรุงชิง (C, F, I, L, O) (อักษรย่อ as, anomocytic stoma; nt, non-glandular trichome; ps, paracytic stoma; pc; prism crystal); มาตรฐาน 50 μ m (D-F, J-O) 100 μ m (A-C, G-I)



ภาพที่ 18 ภายวิภาคใบตัดขวางเปรียบเทียบระหว่างพืชสกุลทางไหลไม่ทราบชนิดจาก 3 ประชากร; ภาพตัดขวางเส้นกลางใบ (A-F) แผ่นใบ (G-I) ขอบใบ (J-L) และผลึก (M-O) ตัวอย่างจากหน่วยพิทักษ์ป่าผาดำ (A, D, G, J, M) น้ำตกโดนปลิว (B, E, H, K, N) น้ำตกรุงชิง (C, F, I, L, O) (อักษรย่อ pc, prism crystal; pf, perivascular fibers; sc, sclerenchyma cell); มาตรฐานวัด 50 μ m (G-L) 100 μ m (M-O) 200 μ m (D-F) 500 μ m (A-C)

หางไหลขน

กายวิภาคเนื้อเยื่อผิวใบ

ตัวอย่างผิวใบของหางไหลขนซึ่งเป็นชนิดที่เลือกมาใช้เปรียบเทียบ แสดงลักษณะที่คล้ายคลึงกันกับที่พบในผิวใบของพืชไม่ทราบชนิดตามที่อธิบายไว้ก่อนหน้า (ภาพที่ 19) คือประกอบด้วยเซลล์ที่มีลักษณะหยักเป็นพู รูปหลายเหลี่ยมหรือรูปร่างไม่แน่นอนขนาดเล็กบนผิวใบทั้งสองด้าน เซลล์ผิวใบด้านบนกว้าง 31.19–38.19 ไมโครเมตร ยาว 40.41–48.66 ไมโครเมตร ด้านล่างกว้าง 19.79–24.56 ไมโครเมตร ยาว 20.66–41.52 ไมโครเมตร พบปากใบได้เฉพาะทางด้านล่างของแผ่นใบ ชนิดของปากใบที่พบในทุกชั้นตัวอย่างของผิวใบในหางไหลขนเป็นปากใบแบบเดียวกับที่พบในตัวอย่างพืชไม่ทราบชนิด คือ ปากใบชนิดพาราไซติกที่พบได้เป็นหลักและมีปากใบชนิดอะนอโมไซติกปะปน ความหนาแน่นของปากใบ 212–240 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร ปากใบ กว้าง 11.63–13.06 ไมโครเมตร ยาว 14.44–15.35 ไมโครเมตร เซลล์คุมรูปครึ่งวงกลม กว้าง 5.08–5.23 ไมโครเมตร ยาว 15.06–15.45 ไมโครเมตร เมื่อคำนวณหาค่าดัชนีบังชี้ปากใบพบว่าดัชนีปากใบในตัวอย่างใบของหางไหลขนที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าเท่ากับ 15.34–17.29 บนผิวใบด้านล่างของพืชชนิดนี้มีรยางค์ผิวหรือขนสองเซลล์แบบไม่ใช้ขนต่อมขึ้นหนาแน่นและสามารถแบ่งกลุ่มตามความยาวออกได้เป็น 3 กลุ่ม (ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 6) ส่วนรูปร่างลักษณะและตำแหน่งการสะสมของผลึกนั้น ไม่มีความต่างอย่างชัดเจนกับตัวอย่างใบของพืชไม่ทราบชนิดที่ศึกษาครั้งนี้นัก

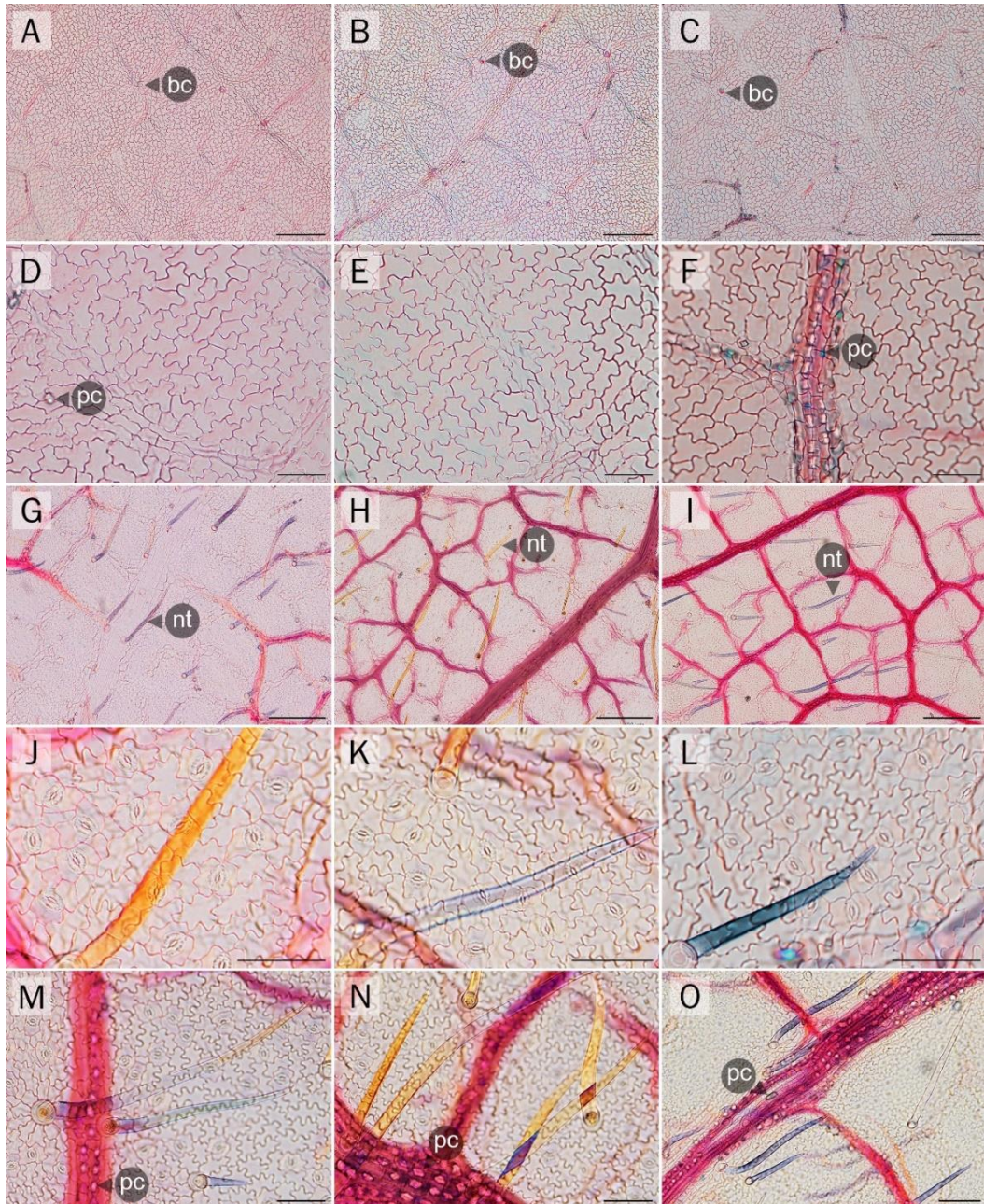
กายวิภาคตัดขวางของแผ่นใบ

ภาพตัดขวางของเส้นกลางใบมีรูปร่างค่อนข้างกลม ด้านบนแบนเรียบหรือเว้าเล็กน้อย ระยะในแนวระนาบ กว้าง 524.01–692.31 ไมโครเมตร ระยะในแนวตั้ง 546.49–686.13 ไมโครเมตร เนื้อเยื่อผิวใบบริเวณกลางเส้นใบรูปสี่เหลี่ยมจนถึงค่อนข้างกลม สูง 7.76–13.90 ไมโครเมตร มีต่อมลำเลียงรูปครึ่งวงกลม พบเพอริเวสคิวลาร์ ไฟเบอร์ล้อมรอบมัดท่อลำเลียง มัดท่อลำเลียงประกอบด้วยเนื้อเยื่อลำเลียง 2 กลุ่ม คือกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียงขนาดเล็กรูปพัดทางด้านบนและกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียงขนาดใหญ่รูปเกือบม้าหางทางด้านล่าง กลางมัดเนื้อเยื่อลำเลียงเป็นเนื้อเยื่อพิธประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงไคมา ขนาดเล็กและมีพื้นที่น้อยกว่าที่พบในพิธของพืชไม่ทราบชนิด มัดเนื้อเยื่อลำเลียงกว้าง 412.24–539.04 ไมโครเมตร สูง 370.12–466.86 ไมโครเมตร พบรยางค์ผิวสองเซลล์แบบไม่ใช้ขนต่อมขึ้นกระจายบนผิวใบทางด้านบนและด้านล่างของเส้นกลางใบ (ภาพที่ 20 ตารางที่ 6)

แผ่นใบหนา 143.03–159.57 ไมโครเมตร เนื้อเยื่อผิวใบด้านบนและทางด้านล่างรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หนาหนึ่งชั้นเซลล์ เซลล์ผิวใบด้านบนมีขนาดใหญ่กว่าทางด้านล่าง ด้านบนสูง 10.41–12.35 ไมโครเมตร ด้านล่างสูง 7.6–10.53 ไมโครเมตร ใบเป็นใบแบบ dorsiventral ชั้นพาลีเสด มีไซฟิลล์หนา 2 ชั้นเซลล์ หนา 51.16–65.52 ไมโครเมตร ชั้นสปองจี มีไซฟิลล์ประกอบด้วยเซลล์รูปร่างไม่แน่นอน เรียงตัวอย่างหลวม มีช่องว่างระหว่างเซลล์มาก หนา 64.95–75.30 ไมโครเมตร

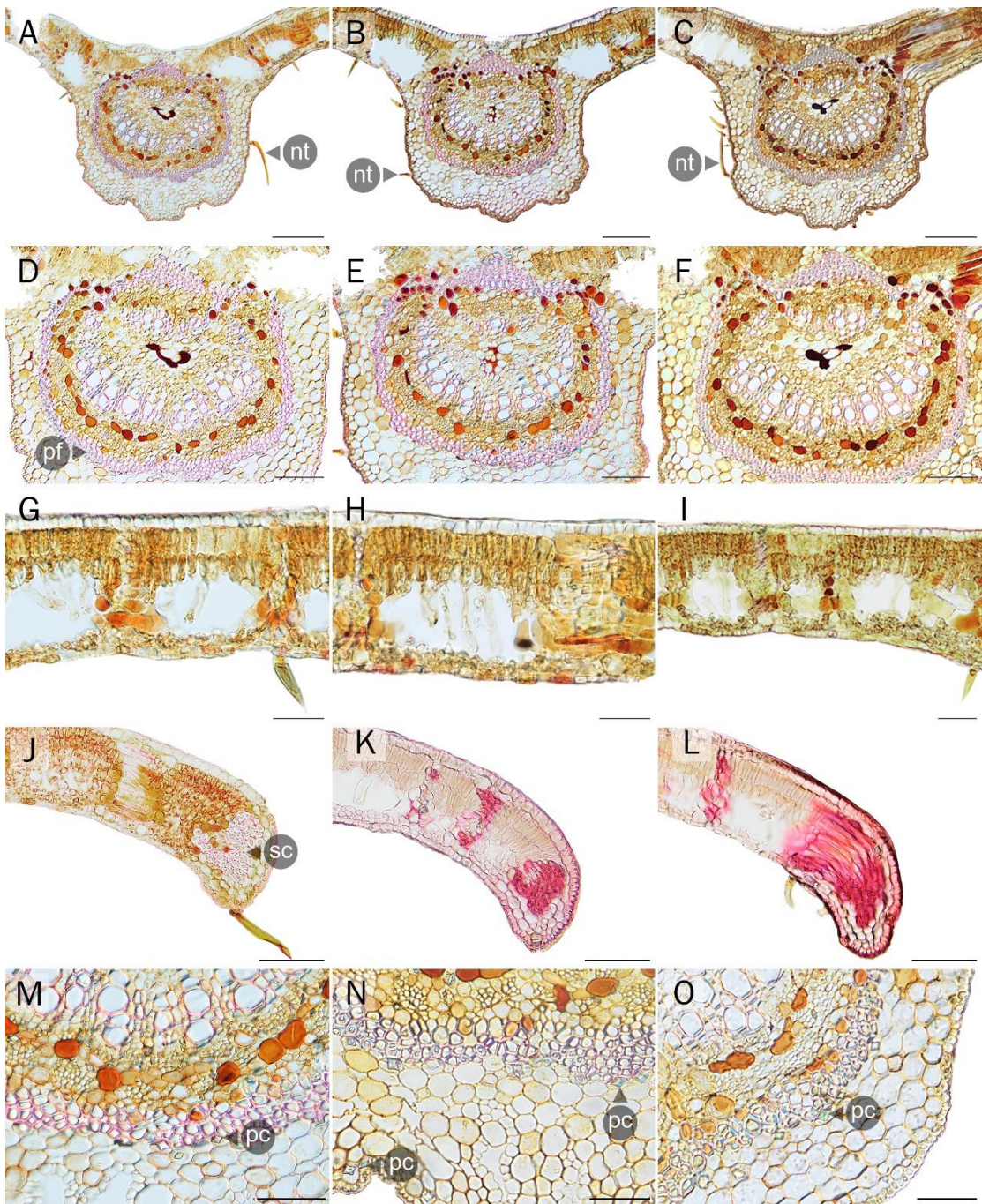
ขอบใบค่อนข้างโค้งหรือม้วนลง หนา 133.73–142.10 ไมโครเมตร เนื้อเยื่อผิวใบรูปร่างคล้ายกับที่พบในตำแหน่งเส้นกลางใบและแผ่นใบ เนื้อเยื่อผิวใบด้านบน สูง 11.79–16.94 ไมโครเมตร เนื้อเยื่อ

ผิวใบด้านล่าง สูง 10.16–10.58 ไมโครเมตร ชั้นพาลีเสด มีโซฟิลล์หนา 41.05–53.86 ไมโครเมตร
ชั้นสpongจี มีโซฟิลล์หนา 43.53–67 ไมโครเมตร



ภาพที่ 19 กายวิภาคผิวใบเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างของหางไหลชนจาก 3 ประชากร; ผิวใบด้านบน (A-F) และด้านล่าง (G-L) ตัวอย่างจากน้ำตกหินลาด อำเภอกะสมุย (A, D, G, J, M) น้ำตกหินลาด อำเภอนอม (B, E, H, K, N) น้ำตกเสม็ดขุน อำเภอนอม (C, F, I, L, O) (อักษรย่อ bc, basal cell of trichome; nt, non-glandular trichome; pc; prism crystal);

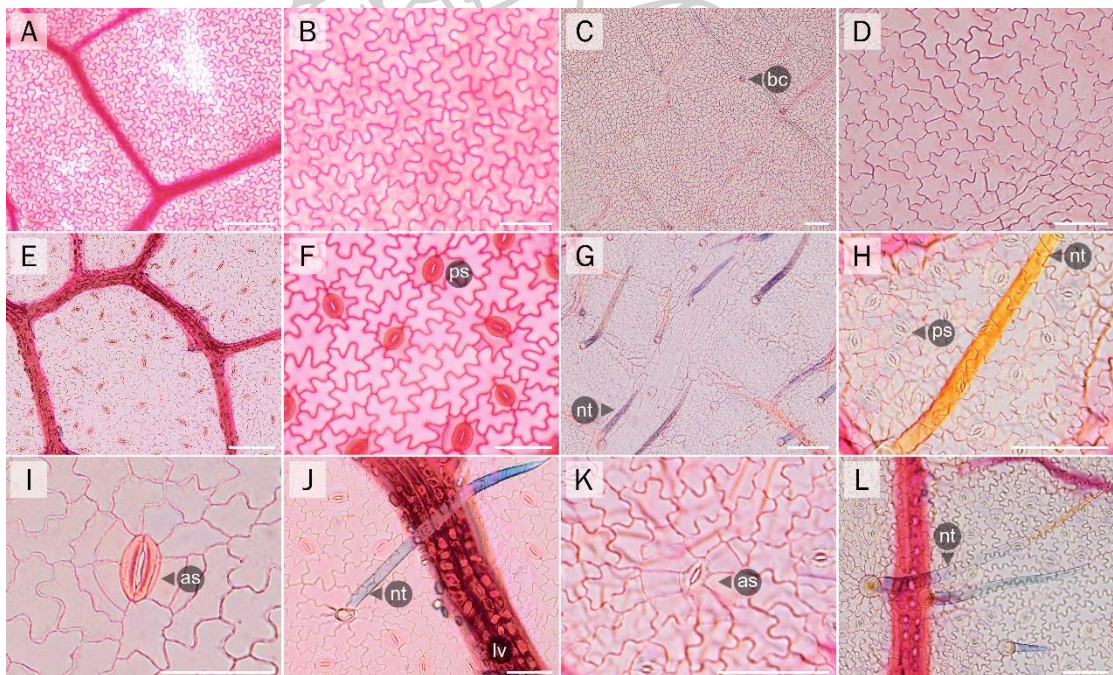
มาตราวัด 50 μm (D-F, J-O) 200 μm (A-C, G-I)



ภาพที่ 20 กายวิภาคใบตัดขวางเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างของหางไหลชนจาก 3 ประชากร; ภาพตัดขวางเส้นกลางใบ (A-F) แผ่นใบ (G-I) ขอบใบ (J-L) และผลึก (M-O) ตัวอย่างจากน้ำตกหินลาด อำเภอกะสมุย (A, D, G, J, M) น้ำตกหินลาด อำเภอนอม (B, E, H, K, N) น้ำตกเสม็ดขุน อำเภอนอม (C, F, I, L, O) (อักษรย่อ pc, prism crystal; nt, non-glandular trichome; pf, perivascular fibers; sc, sclerenchyma cell); มาตรฐาน 50 μm (G-L) 100 μm (M-O) 200 μm (D-F) 500 μm (A-C)

กายวิภาคเปรียบเทียบพืชสกุลหางไหลไม่ทราบชนิดและหางไหลขน

พบเนื้อเยื่อผิวใบลักษณะหยักเป็นพูชัดเจนบนผิวใบทั้งสองด้านของแผ่นใบในตัวอย่างพืชสกุลหางไหลไม่ทราบชนิดและหางไหลขนในทุกตัวอย่างจากทุกประชากร มีความกว้างและความยาวของเซลล์ผิวใบอยู่ในช่วง 21.91–41.53 ไมโครเมตร และ 31.15–56.60 ไมโครเมตร ตามลำดับ สัดส่วนของเซลล์ (กว้าง : ยาว) บนผิวใบในพืชไม่ทราบชนิด (ด้านบน 0.77; ด้านล่าง 0.66) มีค่าน้อยกว่าที่พบในหางไหลขน (ด้านบน 0.83; ด้านล่าง 0.78) ใบของพืชทั้งสองชนิดเป็นใบแบบ hypostomatic พบปากใบแบบพาราไซติกกระจายทั่วผิวใบ อาจพบปากใบแบบอะนอมไซติกได้บ้าง ขนาดของปากใบที่พบในพืชสกุลหางไหลไม่ทราบชนิด (กว้าง 17.47 ไมโครเมตร; ยาว 22.95 ไมโครเมตร) ใหญ่กว่าหางไหลขน (กว้าง 12.43 ไมโครเมตร; ยาว 15.04 ไมโครเมตร) ในทางกลับกัน ความหนาแน่นของปากใบในหางไหลขน (230 ต่อตารางมิลลิเมตร) มีค่ามากกว่าที่คำนวณได้จากตัวอย่างใบของพืชไม่ทราบชนิด (104.66 ต่อตารางมิลลิเมตร) อีกทั้ง ตัวอย่างพืชไม่ทราบชนิด (17.02) แสดงค่าดัชนีบังชี้ปากใบสูงกว่าที่คำนวณได้ในหางไหลขนด้วย (16.52) พบรยางค์ผิวแบบไม่ใช้ขนต่อมและประกอบขึ้นจากเซลล์เดี่ยว ชั้นกระจายบนผิวใบทั้งสองด้านบนแผ่นใบของพืชไม่ทราบชนิด ขณะที่ผิวใบด้านบนของหางไหลขนมีรยางค์ผิวที่ไม่ใช้ขนต่อม ประกอบจากเซลล์เดี่ยวและสองเซลล์ ที่แบ่งได้ 3 กลุ่มตามความยาวบนผิวใบด้านล่าง และไม่พบรยางค์ผิวแบบขนต่อมเลย (ภาพที่ 21 ตารางที่ 6)



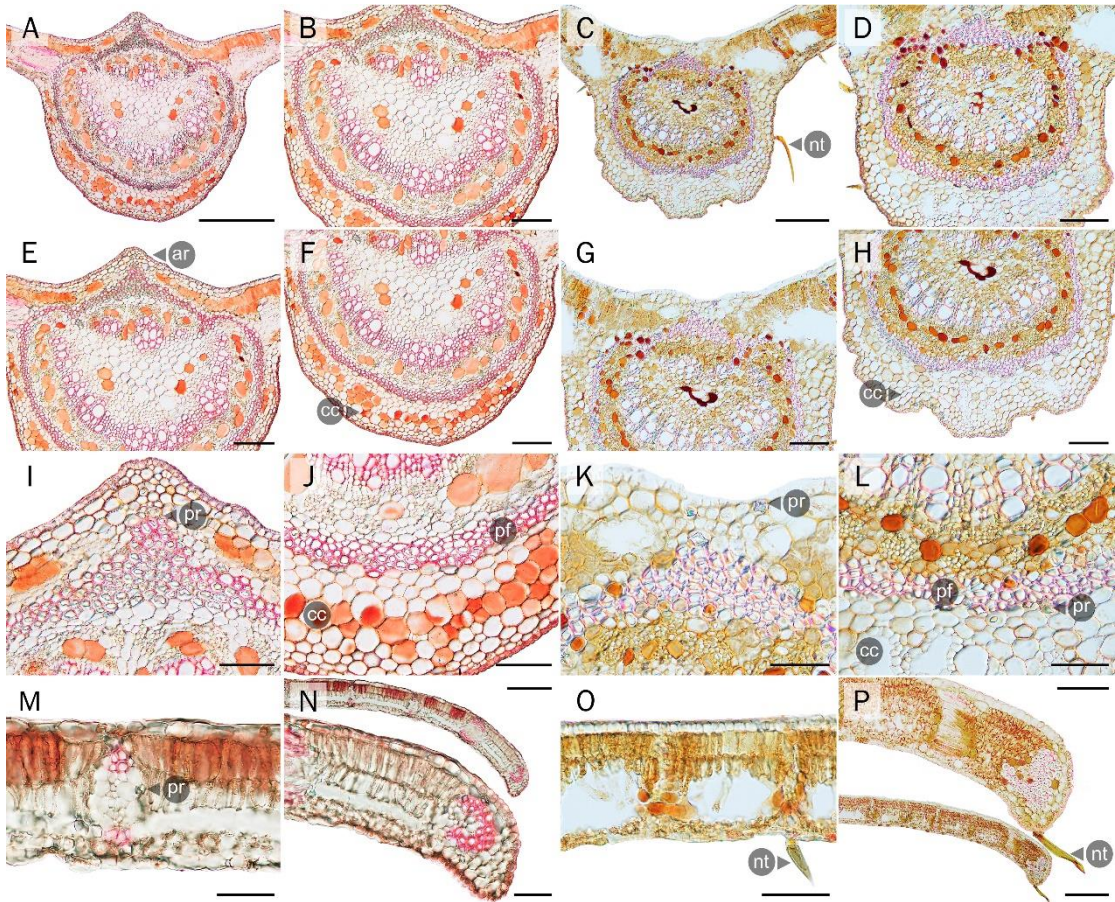
ภาพที่ 21 กายวิภาคผิวใบเปรียบเทียบระหว่างพืชไม่ทราบชนิดและหางไหลขน; ผิวใบด้านบน (A–D) และด้านล่าง (E–H) พืชไม่ทราบชนิด (A, B, E, F, I, J) หางไหลขน (C, D, G, H, K, L) (อักษรย่อ as, anomocytic stoma; bc, basal cell of trichome; nt, non-glandular trichome; ps, paracytic stoma); มาตรฐาน 50 μm (B, D, F, H–L) 100 μm (A, C, E, G)

เส้นกลางใบในพืชไม่ทราบชนิดเป็นสันขึ้นชัดเจนทางด้านบนของแผ่นใบแต่ค่อนข้างเรียบจนถึงเว้าเล็กน้อยในตัวอย่างของหางไหลชน ขนาดเส้นกลางใบของพืชไม่ทราบชนิด (กว้าง 1200.15 ไมโครเมตร; สูง 1241.50 ไมโครเมตร) ใหญ่กว่าที่วัดได้จากเส้นกลางใบในหางไหลชน (กว้าง 616.44 ไมโครเมตร; สูง 593.48 ไมโครเมตร) ความสูงของเซลล์เนื้อเยื่อผิวใบด้านบนและด้านล่างของแผ่นใบในพืชทั้งสองชนิดต่างกันเล็กน้อย มีค่าอยู่ในช่วง 8.41–13.9 ไมโครเมตร มัดของเนื้อเยื่อลำเลียงของพืชทั้งสองชนิดรูปร่างครึ่งวงกลมจนถึงค่อนข้างกลม เนื้อเยื่อลำเลียงแบ่งได้สองกลุ่ม ขนาดมัดท่อลำเลียงของพืชสกุลหางไหลไม่ทราบชนิด (กว้าง 1067.22 ไมโครเมตร; สูง 923.20 ไมโครเมตร) ใหญ่กว่าหางไหลชน (กว้าง 481.48 ไมโครเมตร; สูง 406.98 ไมโครเมตร) พบรอยค้ำผิวแบบขนที่ประกอบด้วยเซลล์สองเซลล์ และรอยค้ำผิวแบบขนต่อมกระจายทั่วผิวของเส้นกลางใบในพืชไม่ทราบชนิด แต่ในหางไหลชนพบเฉพาะรอยค้ำผิวแบบไม่ใช้ขนต่อมที่ประกอบด้วยเซลล์สองเซลล์บนผิวใบทั้งสองด้านของเส้นกลางใบ (ภาพที่ 22 ตารางที่ 6)

ใบแบบ dorsiventral ของพืชไม่ทราบชนิด (204.27 μm) มีความหนามากกว่าที่วัดได้จากแผ่นใบของหางไหลชน (150.35 μm) ความสูงของเซลล์ผิวใบในพืชทั้งสองชนิดอยู่ในช่วง 9.22–23.49 ไมโครเมตร เซลล์พาลิเสด พากรังโคมาเรียงซ้อนกัน 2–3 ชั้นเซลล์ ความหนาของเซลล์ชั้นพาลิเสด มีโซฟิลล์ของพืชไม่ทราบชนิด (105.14 μm) มีความสูงมากกว่าในหางไหลชน (59.62 μm) ขณะที่ความหนาของเซลล์ชั้นสpongiji มีโซฟิลล์ในหางไหลชน (69.85 μm) มีความสูงมากกว่าที่วัดได้ในทุกตัวอย่างของพืชไม่ทราบชนิด (64.48 μm) อีกทั้งยังมีช่องว่างระหว่างเซลล์และความหลากหลายของรูปร่างเซลล์ที่มากกว่า (ภาพที่ 22 ตารางที่ 6)

ภาคตัดขวางของขอบใบพืชทั้งสองชนิดแสดงให้เห็นลักษณะขอบใบที่ค่อนข้างมนงอลงเล็กน้อย ความหนาของขอบใบสัมพันธ์กับความหนาที่วัดได้จากแผ่นใบ คือ ความหนาขอบใบของพืชไม่ทราบชนิด (143.98 ไมโครเมตร) มีความหนามากกว่าหางไหลชน (138.04 ไมโครเมตร) ความสูงของเซลล์เนื้อเยื่อผิวของพืชทั้งสองชนิดมีความสูงอยู่ในช่วง 7.73–14.10 ไมโครเมตร ในพืชไม่ทราบชนิดเนื้อเยื่อชั้นพาลิเสด มีโซฟิลล์สูง 74.57 ไมโครเมตร สpongiji มีโซฟิลล์สูง 49.54 ไมโครเมตร หางไหลชน เนื้อเยื่อชั้นพาลิเสด มีโซฟิลล์สูง 31.88 ไมโครเมตร สpongiji มีโซฟิลล์สูง 54.42 (ภาพที่ 22 ตารางที่ 6)

ภาคตัดขวางแผ่นใบของพืชทั้งสองชนิดแสดงให้เห็นการสะสมของผลึกตามส่วนต่าง ๆ ของเนื้อเยื่อลำเลียง โดยเฉพาะบนเส้นกลางใบพบผลึกทรงสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน (rhomboidal prism) และผลึกรูปแท่งหัวพีระมิด (styroid prism) ในตัวอย่างใบของพืชไม่ทราบชนิด ในขณะที่ในหางไหลชนพบเพียงผลึกทรงสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนเท่านั้นที่กระจายในส่วนต่าง ๆ ของใบ แต่มีการสะสมในปริมาณที่มากกว่า ทั้งนี้ พบอีกว่าพืชไม่ทราบชนิดมีการสะสมสารสีแดงในเซลล์พากรังโคมาบริเวณเนื้อเยื่อชั้นคอร์เทกซ์ฝั่งด้านล่างของเส้นกลางใบ ซึ่งไม่พบลักษณะเช่นนี้ปรากฏในตัวอย่างของหางไหลชน (ภาพที่ 22 ตารางที่ 6)



ภาพที่ 22 กายวิภาคใบตัดขวางเปรียบเทียบระหว่างพืชไม่ทราบชนิดและหางไหลขน; ภาพตัดขวางเส้นกลางใบ (A-L) แผ่นใบ (M, O) และขอบใบ (N, P) พืชไม่ทราบชนิด (A, B, E, F, I, J, M, N) หางไหลขน (C, D, G, H, K, L, O, P) (อักษรย่อ ar, adaxial ridge; cc, cortical cells; nt, non-glandular trichome; pf, perivascular fibers; pr, prism); มาตรฐานวัด 50 μm (M, N(below), O, P(above)) 100 μm (I-L) 200 μm (B, D, E-H, N(above), P(below)) 500 μm (A, C)

ตารางที่ 6 กายวิภาคใบเปรียบเทียบระหว่างพืชไม่ทราบชนิดกับหางไหลชน
(quantitative data; mean value \pm standard deviation (SD))

ลักษณะ	ชนิด	
	<i>Derris sp.</i>	<i>D. pubipetala</i>
กายวิภาคผิวใบ		
กายวิภาคผิวใบด้านบน		
รูปแบบเซลล์ผิวใบ	หยักเว้าเป็นพู	หยักเว้าเป็นพู
ความกว้างเซลล์ผิวใบ (μm)	41.53 \pm 5.52	35.73 \pm 3.94
ความยาวเซลล์ผิวใบ (μm)	55.05 \pm 6.50	43.22 \pm 4.71
อัตราส่วนระหว่างความยาวและความกว้างเซลล์ผิวใบ	0.77 \pm 0.20	0.83 \pm 0.09
กายวิภาคผิวใบด้านล่าง		
รูปแบบเซลล์ผิวใบ	หยักเว้าเป็นพู	หยักเว้าเป็นพู
ความกว้างเซลล์ผิวใบ (μm)	37.28 \pm 2.71	21.91 \pm 2.42
ความยาวเซลล์ผิวใบ (μm)	56.60 \pm 6.81	31.15 \pm 10.43
อัตราส่วนระหว่างความยาวและความกว้างเซลล์ผิวใบ	0.66 \pm 0.12	0.78 \pm 0.36
ชนิดปากใบ	Pa, An (พบได้น้อย)	Pa, An (พบได้น้อย)
ความกว้างปากใบ (μm)	17.47 \pm 1.01	12.43 \pm 0.73
ความยาวปากใบ (μm)	22.95 \pm 1.03	15.04 \pm 0.52
อัตราส่วนระหว่างความยาวและความกว้างปากใบ	0.76 \pm 0.04	0.82 \pm 0.07
ความหนาแน่นปากใบ (per mm^2)	104.66 \pm 3.05	230 \pm 15.62
จำนวนเซลล์ผิวใบต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (mm^2)	511.33 \pm 38.27	1161.33 \pm 20.42
ค่าดัชนีปากใบ (SI)	17.02 \pm 0.75	16.52 \pm 1.04
ความกว้างเซลล์คุม (μm)	8.24 \pm 0.76	5.17 \pm 0.08
ความยาวเซลล์คุม (μm)	22.65 \pm 1.46	15.41 \pm 0.34
อัตราส่วนระหว่างความยาวและความกว้างเซลล์คุม	0.36 \pm 0.01	0.33 \pm 0.00
สิ่งปกคลุมผิวใบ	เรียบเกลี้ยง มีขน แข็งเอนกระจาย เล็กน้อย	ขนแข็งเอนกระจาย ทั่วแผ่นใบ
ประเภทสิ่งปกคลุมผิวใบ	Ut	Bt
ความยาวสิ่งปกคลุมผิวใบ (μm)	204.70 \pm 80.00	ST = 60.10 \pm 16.26 MT = 265.02 \pm 39.15 LT = 457.25 \pm 30.70
อัตราส่วนระหว่างความกว้างเซลล์ผิวใบด้านบนและความกว้างเซลล์ผิวใบด้านล่าง	1.11 \pm 0.07	1.64 \pm 0.25

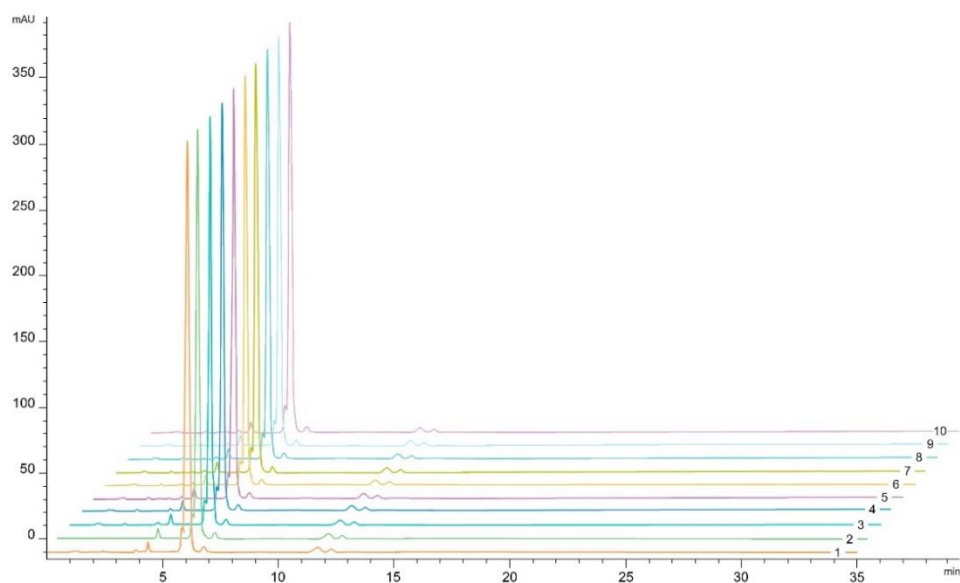
ลักษณะ	ชนิด	
	<i>Derris sp.</i>	<i>D. pubipetala</i>
อัตราส่วนระหว่างความยาวเซลล์ผิวใบด้านบนและความยาวเซลล์ผิวใบด้านล่าง	0.97±0.07	1.54±0.72
กายวิภาคใบตัดขวาง		
กายวิภาคตัดขวางเส้นกลางใบ		
รูปร่างเส้นกลางใบ	ค่อนข้างกลม ด้านบนมีสันนูน ชัดเจน	ค่อนข้างกลม ด้านบน แบนเรียบหรือเว้า เล็กน้อย
ความกว้างเส้นกลางใบ (µm)	1200.15±234.88	616.44±85.36
ความสูงเส้นกลางใบ (µm)	1241.50±244.61	593.48±80.23
อัตราส่วนระหว่างความกว้างและความสูงเส้นกลางใบ	0.96±0.00	1.04±0.10
ความสูงเซลล์ผิวใบด้านหลังใบ (µm)	9.96±3.59	13.9±0.92
ความสูงเซลล์ผิวใบด้านท้องใบ (µm)	8.55±0.38	8.41±0.72
ความกว้างมัดเนื้อเยื่อลำเลียง (µm)	1067.22±240.35	481.48±64.20
ความสูงมัดเนื้อเยื่อลำเลียง (µm)	923.20±240.47	406.98±52.31
อัตราส่วนระหว่างความกว้างและความสูงมัดเนื้อเยื่อลำเลียง	1.16±0.05	1.18±0.08
ประเภทสิ่งปกคลุม	Ut, Bt, Gt	Bt
กายวิภาคตัดขวางแผ่นใบ		
ความหนาแผ่นใบ (µm)	204.27±37.90	150.35±8.43
ความสูงเซลล์ผิวใบด้านหลังใบ (µm)	23.49±5.80	11.59±1.03
ความสูงเซลล์ผิวใบด้านท้องใบ (µm)	13.06±0.99	9.22±1.49
ความหนาชั้นเซลล์พาลีเสด พาวเรงไคมา (µm)	105.14±19.70	59.62±7.51
ความหนาชั้นเซลล์สปองจี พาวเรงไคมา (µm)	64.48±20.24	69.85±5.19
อัตราส่วนระหว่างความหนาชั้นเซลล์พาลีเสดและความหนาชั้นเซลล์สปองจี พาวเรงไคมา	1.68±0.31	0.85±0.13
จำนวนชั้นเซลล์พาลีเสด พาวเรงไคมา	2, 3 (พบได้น้อย)	2
กายวิภาคตัดขวางขอบใบ		
รูปร่างขอบใบ	มีวลงด้านล่างแผ่น ใบเล็กน้อย	มีวลงด้านล่างแผ่น ใบเล็กน้อย
ความหนาขอบใบ (µm)	143.98±5.86	138.04±4.19
ความสูงเซลล์ผิวใบด้านหลังใบ (µm)	10.84±1.33	14.10±2.61
ความสูงเซลล์ผิวใบด้านท้องใบ (µm)	7.73±1.19	10.34±0.21
ความหนาชั้นเซลล์พาลีเสด พาวเรงไคมา (µm)	74.57±6.01	49.54±7.35

ลักษณะ	ชนิด	
	<i>Derris sp.</i>	<i>D. pubipetala</i>
ความหนาชั้นเซลล์สปองจี พारेงไคมา (μm)	31.88±2.27	54.42±11.82
อัตราส่วนระหว่างความหนาชั้นเซลล์พาลีเสดและความหนาชั้นเซลล์สปองจี พारेงไคมา	2.35±0.34	0.95±0.31
จำนวนชั้นเซลล์พาลีเสด พारेงไคมา	2	2
ส่วนปลายขอบใบโค้งทำมุม (องศา)	9.16±1.68	16.01±3.04

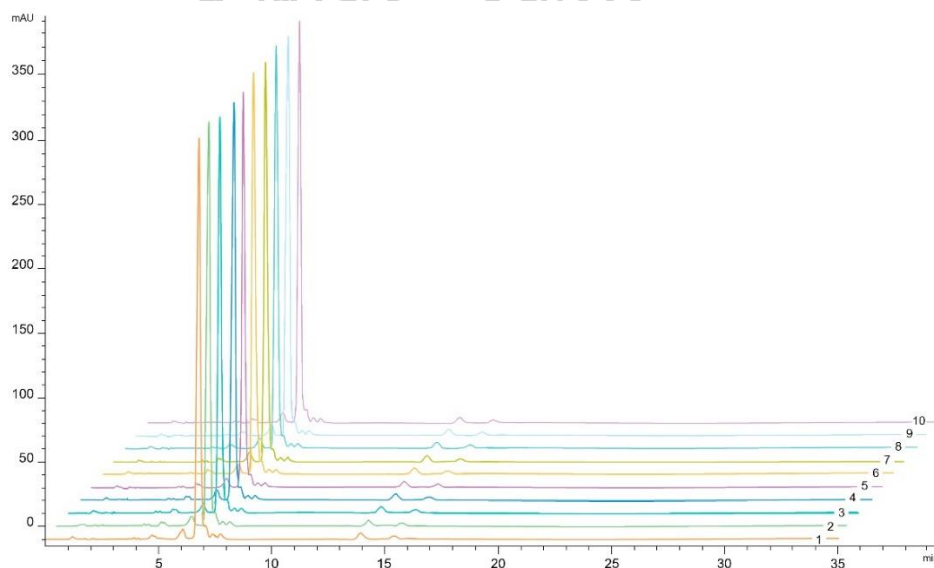
หมายเหตุ; An, anomocytic stomata BT, bicellular non-glandular trichome; GT, glandular trichome; LT, long trichome; MT, me-dium trichome; Pa, paracytic stomata; ST, short trichome; Ut, unicellular non-glandular trichome

การศึกษาสารพฤษเคมี

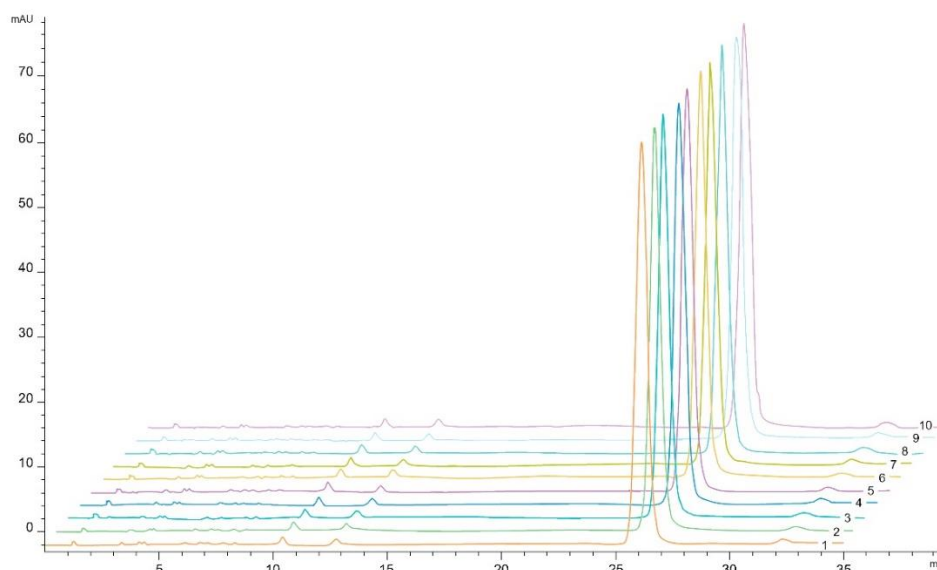
การทดสอบความคงที่การปรากฏพีคบนโครมาโทแกรม ณ ตำแหน่งนั้น ๆ ของสารมาตรฐานแบบผสมและแบบแยกแสดงให้เห็นว่ายอดกราฟของสารมาตรฐานทั้งสามชนิดมีความสมมาตร ไม่ขึ้นรวมหรือซ้อนเกย และแยกจากกันชัดเจน (ภาพที่ 23-26) โครมาโทแกรมของสารมาตรฐานแบบฉีดแยกปรากฏยอดกราฟของสารมาตรฐานโรติโนน เดกุลิน และลูปีนิโฟลีน ณ เวลาเฉลี่ยเท่ากับ 6.061, 6.735 และ 26.159 นาที ตามลำดับ (ภาพที่ 23-25) โครมาโทแกรมของสารมาตรฐานแบบผสมปรากฏยอดกราฟในตำแหน่งใกล้เคียงกันคือ สารมาตรฐานโรติโนน เดกุลิน และลูปีนิโฟลีน มียอดกราฟขึ้น ณ เวลาเท่ากับ 6.075, 6.752 และ 26.208 นาที ตามลำดับ (ภาพที่ 26) จากการฉีดสารมาตรฐานคั่นระหว่างตัวอย่างเพื่อทำการควบคุมคุณภาพของสารผสมที่ต้องการศึกษา พบว่าสารแต่ละตัวปรากฏยอดกราฟเคลื่อนจากตำแหน่งเดิมเล็กน้อยคือ 6.107 (โรติโนน) 6.789 (เดกุลิน) และ 26.474 (ลูปีนิโฟลีน) (ภาพที่ 27)



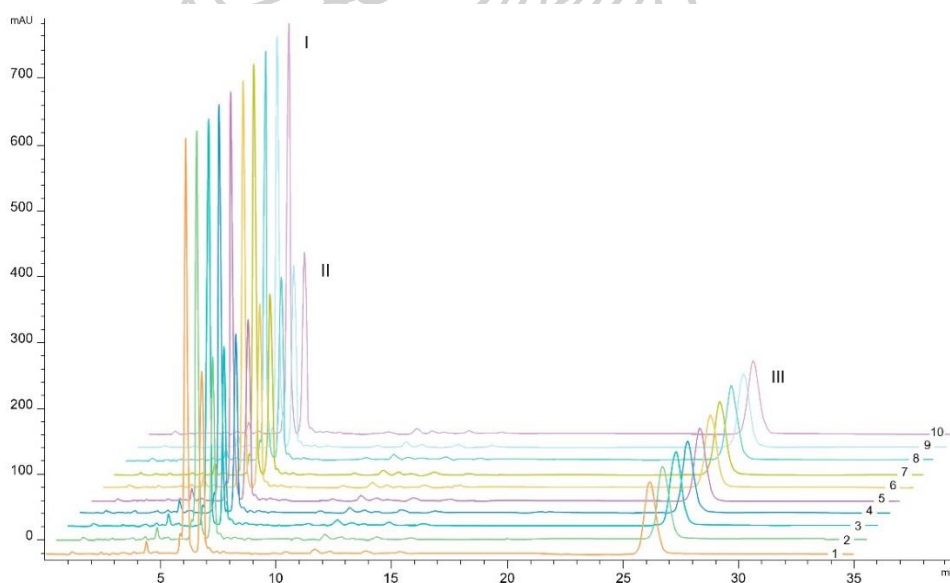
ภาพที่ 23 โครมาโทแกรมสารมาตรฐาน (แยก) rotenone สำหรับทดสอบความคงที่การปรากฏพีคจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC; RT = 6.060 นาที (1) 6.060 นาที (2) 6.059 นาที (3) 6.057 นาที (4) 6.058 นาที (5) 6.059 นาที (6) 6.069 นาที (7) 6.058 นาที (8) 6.071 นาที (9) 6.058 นาที (10) 6.059 นาที (M = 6.061, SD = 0.00)



ภาพที่ 24 โครมาโทแกรมสารมาตรฐาน (แยก) deguelin สำหรับทดสอบความคงที่การปรากฏพีคจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC; RT = 6.737 min (1) 6.743 min (2) 6.740 min (3) 6.736 min (4) 6.728 min (5) 6.729 min (6) 6.739 min (7) 6.733 min (8) 6.735 min (9) 6.730 min (10) (M = 6.735, SD = 0.00)

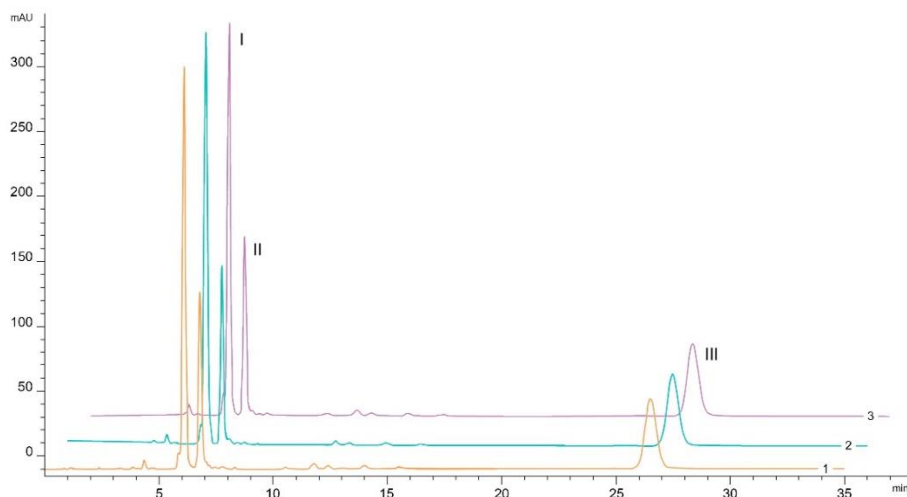


ภาพที่ 25 โครมาโทแกรมสารมาตรฐาน (แยก) lupinifolin สำหรับทดสอบความคงที่การปรากฏพีคจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC; RT = 26.122 นาที (1) 26.148 นาที (2) 26.157 นาที (3) 26.145 นาที (4) 26.123 นาที (5) 26.184 นาที (6) 26.176 นาที (7) 26.189 นาที (8) 26.170 นาที (9) 26.178 นาที (10) (M = 26.159, SD = 0.02)



ภาพที่ 26 โครมาโทแกรมสารมาตรฐานผสม rotenone, deguelin และ lupinifolin สำหรับทดสอบความคงที่การปรากฏพีคจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC; rotenone (I) deguelin (II) lupinifolin (III); RT = 6.077 6.754 26.165 นาที (1) 6.069 6.744 26.191 นาที (2) 6.087 6.766 26.251 นาที (3) 6.073 6.755 26.227 นาที (4) 6.074 6.748 26.202 นาที (5) 6.074 6.748 26.209 นาที (6)

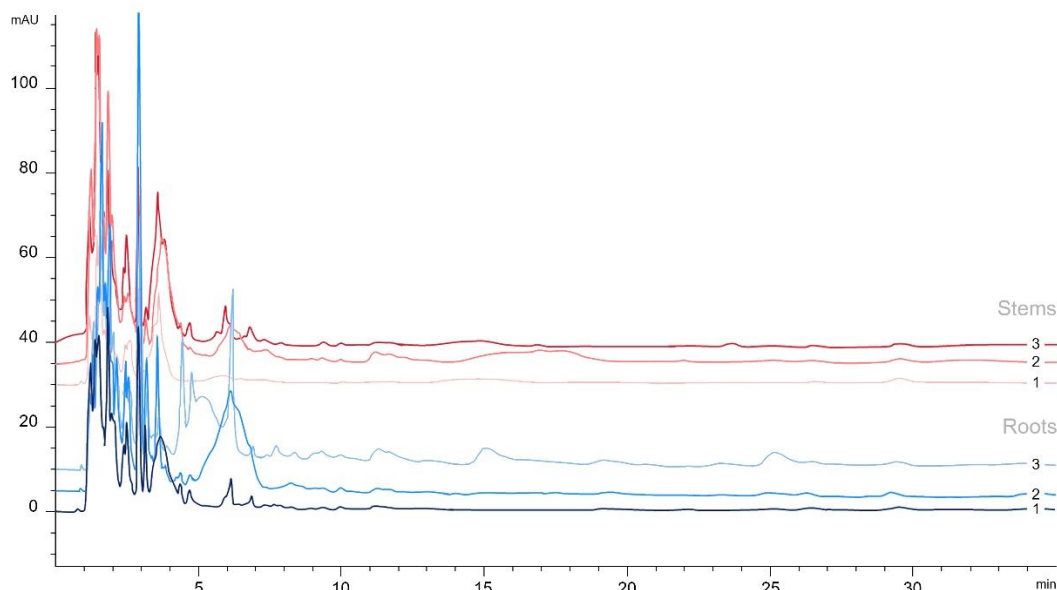
6.080 6.757 26.236 นาที (7) 6.083 6.760 26.237 นาที (8) 6.070 6.747 26.189 นาที (9)
6.065 6.743 26.175 นาที (10) (M = 6.075 6.752 26.208, SD = 0.00 0.00 0.02)



ภาพที่ 27 โครมาโทแกรมสารมาตรฐานผสม rotenone, deguelin และ lupinifolin สำหรับควบคุม
คุณภาพจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC; rotenone (I) deguelin (II) lupinifolin (III);
RT = 6.115 6.800 26.518 นาที (1) 6.118 6.800 26.500 นาที (2)
6.089 6.768 26.405 นาที (3) (M = 6.107 6.789 26.474, SD = 0.01 0.01 0.06)

พืชสกุลทางไหลไม่ทราบชนิด

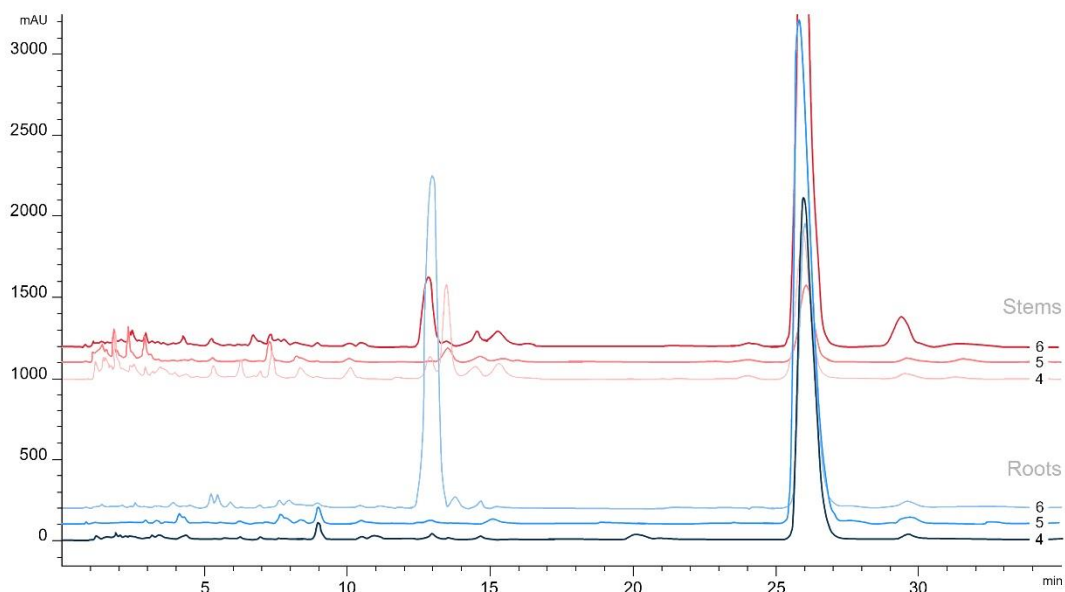
โครมาโทแกรมของสารสกัดจากรากและลำต้นของพืชไม่ทราบชนิดแสดงให้เห็นความคล้ายคลึงกันอย่างมากในทุกตัวอย่างจากทั้งสามประชากร (ภาพที่ 28) กล่าวคือ ภายใต้สภาวะทดสอบ HPLC ที่เหมาะสมของการศึกษาครั้งนี้ ทุกยอดกราฟที่เครื่องสามารถตรวจวัดและรายงานค่าได้ในทุกตัวอย่างปรากฏในช่วงเวลาน้อยกว่า 10 นาที เท่านั้น อีกทั้ง มีความเข้มข้นของสารเมื่อพิจารณาจากความสูงของยอดกราฟไม่เกินมาตรฐานระดับ 120 ในแนวแกน Y ทั้งยังปรากฏ ณ ตำแหน่งเดียวกับสารมาตรฐานในบางตัวอย่างเท่านั้นคือ ตัวอย่างรากจากประชากรหน่วยพิทักษ์ป่าผาดำ จังหวัดสงขลา และตัวอย่างรากจากน้ำตกกรุงชิง จังหวัดนครศรีธรรมราช แสดงยอดกราฟในตำแหน่งตรงกับสารมาตรฐานโรติโนน ส่วนตำแหน่งของสารมาตรฐานเดกุลินนั้น มีเพียงตัวอย่างรากจากหน่วยพิทักษ์ป่าผาดำและตัวอย่างรากกับลำต้นจากพื้นที่น้ำตกกรุงชิงเท่านั้นที่ใช้เวลาเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ตำแหน่ง RT ของลูปีนิโพลินนั้น ไม่มีตัวอย่างจากประชากรใดเลยที่ได้รับการตรวจจับพบสาร ณ ตำแหน่งเดียวกันนี้



ภาพที่ 28 โครมาโทแกรมสารสกัดจากรากและลำต้นของพืชไม้ทรอบชนิดจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC; แหล่งเก็บที่ 1 หน่วยพิทักษ์ป่าผาดำ (1) แหล่งเก็บที่ 2 น้ำตกโดนปลิว (2) แหล่งเก็บที่ 3 น้ำตกกรุงชิง (3)

หางไหลขน

รูปแบบโครมาโทแกรมของตัวอย่างรากและลำต้นจากทั้งสามประชากรของหางไหลขนมีความคล้ายคลึงกันมากเช่นกัน (ภาพที่ 29) ทุกตัวอย่างปรากฏยอดกราฟขึ้นจำนวนมาก บางยอดกราฟมีความสูงในแนวแกน Y ที่สามารถตรวจจับได้สูงมากถึงมาตรวัดระดับ 3000 และพบยอดกราฟในตำแหน่งเดียวกับสารมาตรฐานในหลายตัวอย่างอีกด้วยคือ ในตำแหน่งของสารโรติโนนที่ยอดกราฟขึ้น มีเพียง 2 ตัวอย่างจากรากและลำต้นของตัวอย่างที่เจริญในพื้นที่น้ำตกหินลาด จังหวัดนครศรีธรรมราชและพื้นที่น้ำตกเสม็ดชุน จังหวัดนครศรีธรรมราช ตามลำดับเท่านั้น ที่ไม่ปรากฏยอดกราฟ ณ ตำแหน่งนี้ อีกทั้งตัวอย่างลำต้นจากน้ำตกหินลาดยังเป็นเพียงตัวอย่างเดียวที่ไม่ปรากฏยอดกราฟในตำแหน่งเดียวกับสารมาตรฐานเดกุลินอีกด้วย อย่างไรก็ตาม ยอดกราฟในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับสารมาตรฐานลูบิโนโพลินปรากฏในทุกตัวอย่างของหางไหลขนและมีสัดส่วนที่ต่างกับยอดกราฟอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงในภาพที่ 29 นอกจากยอดกราฟของสารมาตรฐานแล้ว หางไหลขนยังปรากฏยอดกราฟในตำแหน่ง RT อื่น ๆ ของสารไม้ทรอบชนิดที่น่าสนใจเพิ่มเติมด้วย ณ ตำแหน่ง RT เท่ากับ 13.3, 14.4, 15.3, 24.0, 29.5 และ 32.2 หรือที่ยอดกราฟหมายเลข III, IV, V, VI, VIII และ IX ตามลำดับ (ภาพที่ 38)



ภาพที่ 29 โครมาโทแกรมสารสกัดจากรากและลำต้นของหางไหลขนจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC; แหล่งเก็บที่ 4 น้ำตกหินลาด อำเภอกะสมุย (4) แหล่งเก็บที่ 5 น้ำตกหินลาด อำเภอขนอม (5) แหล่งเก็บที่ 6 น้ำตกเสม็ดขุน อำเภอขนอม (6)

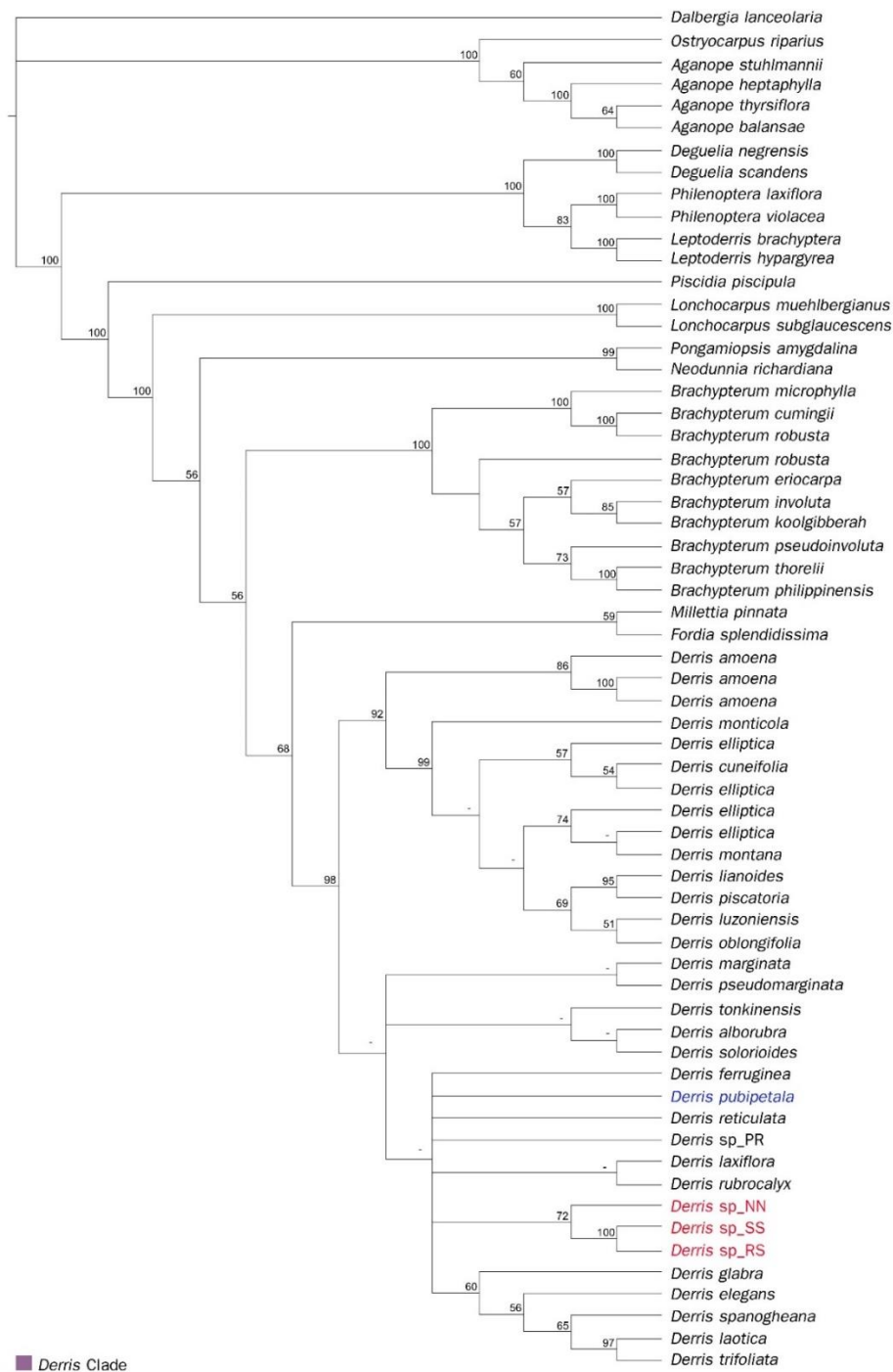
การศึกษาสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ

การวิเคราะห์สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการจากชุดข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ 3 บริเวณคือ *trnL-F* IGS, *trnK-matK* และ ITS/5.8S ด้วยวิธีวิเคราะห์แบบ MP ML และ BI แสดงให้เห็นถึงแผนภูมิรูปต้นไม้ (phylogenetic tree) 3 รูปแบบ ดังแสดงในภาพที่ 30 (MP tree), 31 (ML tree) และ 32 (BI tree) โดยแผนภูมิ (topology) ที่เกิดจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีที่ต่างกันนี้ ไม่แสดงให้เห็นถึงความขัดแย้งที่รุนแรงหรือเด่นชัดนัก (เช่นเดียวกับแผนภูมิที่ได้จากการวิเคราะห์แบบแยกเครื่องหมายโมเลกุลจากแต่ละวิธีการวิเคราะห์ ก็ให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน) ผู้วิจัยจึงรวมแผนภูมิจากการวิเคราะห์ทั้งสามวิธีเข้าด้วยกัน โดยยึดแผนภูมิแบบ BI เป็นแกนหลักพร้อมกับแสดงค่าสนับสนุนทางสถิติของทุกการวิเคราะห์ไว้ในแผนภูมิโดยรวมด้วย ดังแสดงในภาพที่ 33

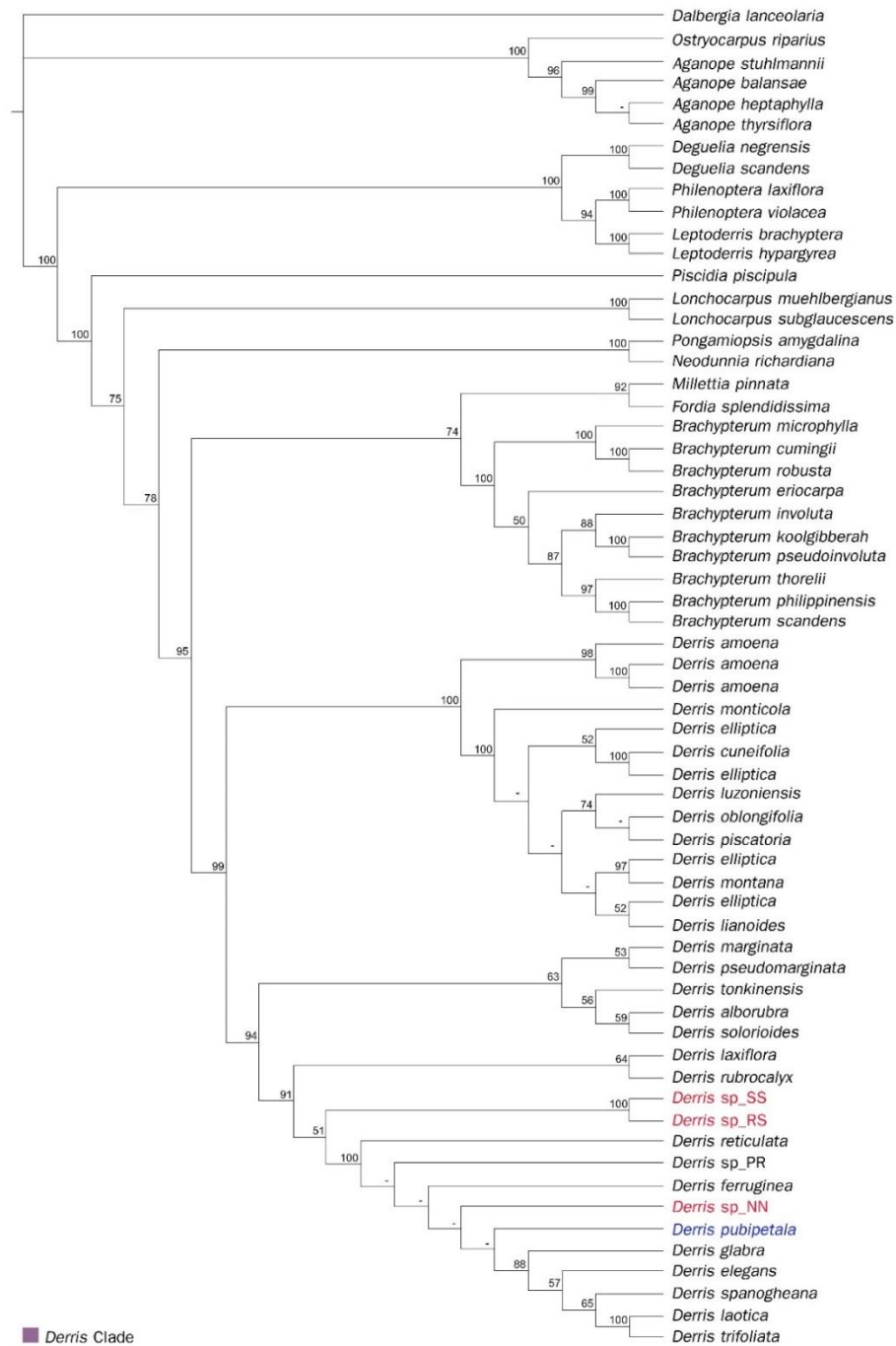
การวิเคราะห์สายวิวัฒนาการจากวิธีวิเคราะห์แบบ MP (ภาพที่ 30) เผยถึงความสัมพันธ์ของสกุลหางไหลที่มีความใกล้ชิดทางสายวิวัฒนาการกับวงศ์วานอันประกอบด้วยตัวแทนจากสกุล *Millettia* คือ *M. pinnata* [ปัจจุบันย้ายไปอยู่ในสกุล *Pongamia* Adans. ภายใต้ชื่อ *P. pinnata* (L.) Pierre] และสกุล *Fordia* คือ *F. splendidissima* (Blume ex Miq.) Buijsen มากที่สุด อีกทั้งตำแหน่งบนสายวิวัฒนาการของตัวอย่างพืชไม้ทรอปิคอลทั้ง 3 ตัวอย่าง (*Derris* sp. SS, *Derris* sp. RS และ *Derris* sp. NN) แสดงให้เห็นว่าทั้งหมดล้วนเป็นส่วนหนึ่งในสกุลหางไหล โดยประกอบขึ้นเป็นวงศ์วาน (clade) แบบที่เป็นชาติพันธุ์เดียว (monophyletic) อย่างชัดเจน มีค่าสนับสนุนทางสถิติแบบ bootstrap support เท่ากับ 72 อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของพืชไม้ทรอปิคอล

ทั้งสามตัวอย่างนี้กับชนิดอื่น ๆ ในสกุลหางไหลยังไม่ชัดเจน เนื่องจากมีความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นโพลีโตมี (polytomy) ระบุได้เพียงว่ามีความสัมพันธ์ใกล้ชิดในวงศ์วานอันประกอบไปด้วย *D. laxiflora* Benth., *D. rubrocalyx* Verdc., อ้อยสามสวน (*D. reticulata*), ไหลทองแดง (*D. ferruginea*), หางไหลขน (*D. pubipetala*), หางไหลใบเกลี้ยง (*D. glabra*), อวดเลือด (*D. elegans*), *D. spanogheana* Blume ex Miq., หางไหลเมืองลาว (*D. laotica*) และถอบแถบน้ำ (*D. trifoliata*)

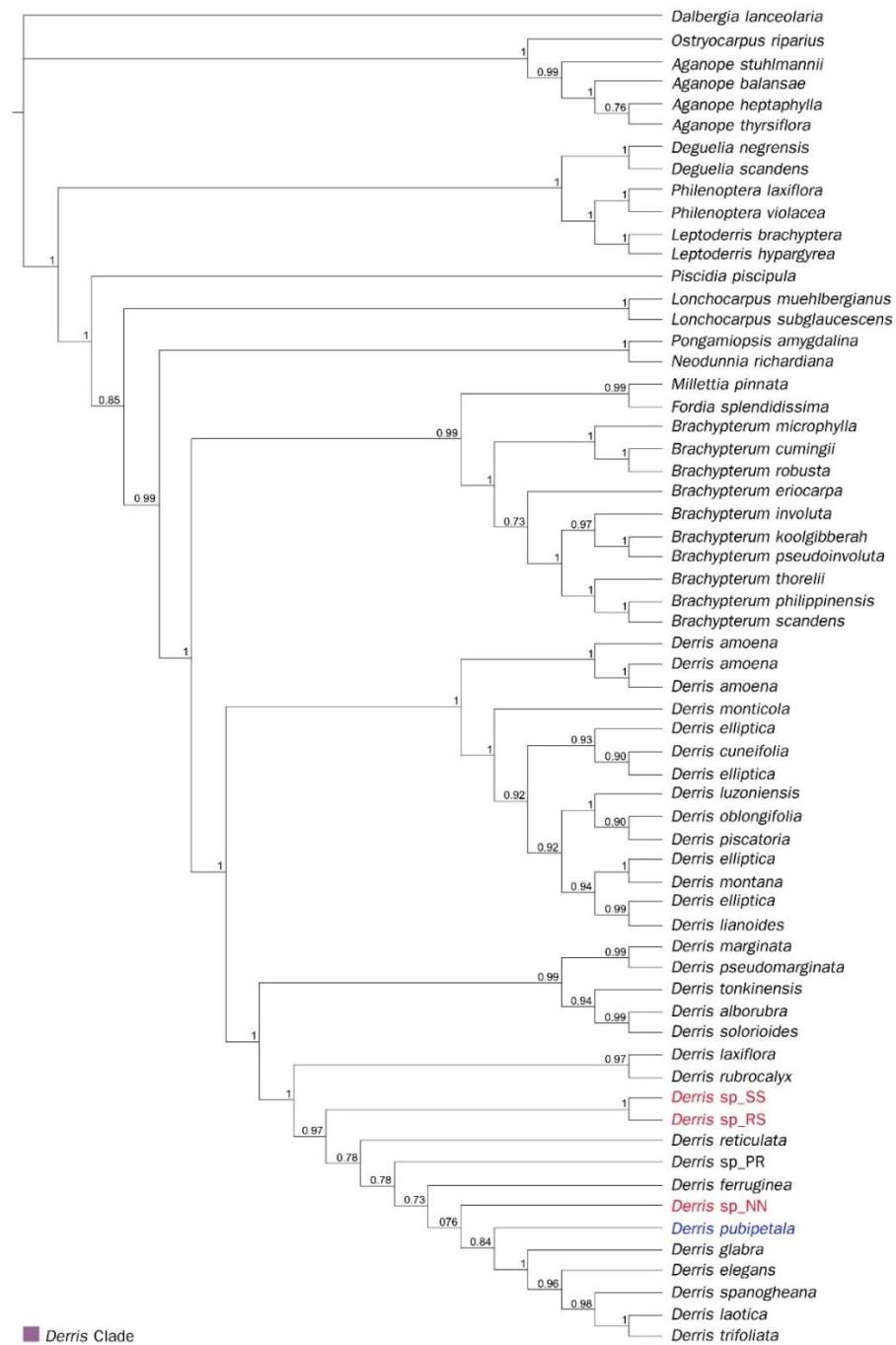
หากพิจารณาแผนภูมิแบบ ML และ BI (ภาพที่ 31 และ 32) เห็นได้ว่ารูปแบบ (topology) ของสายวิวัฒนาการที่ได้จากการวิเคราะห์นั้นเหมือนกัน ทว่าค่าสนับสนุนของการเกิดกลุ่มทางวิวัฒนาการที่ได้จากการวิเคราะห์นั้นอาจแตกต่างกันเล็กน้อย และรายละเอียดในหลายบริเวณที่ต่างออกไปจากสายวิวัฒนาการที่ได้จากการวิเคราะห์แบบ MP ประการแรกคือ สายวิวัฒนาการแบบ ML และ BI นี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าวงศ์วาน (clade) ของสกุลหางไหลมีความสัมพันธ์กับวงศ์วานอันประกอบด้วยวงศ์วานย่อยของสกุลเกอวี่ลี่ยเปี๊ยะ (*Brachypterum*) จำนวน 10 ชนิด ร่วมกับตัวแทนของสกุล *Millettia* และ *Fordia* อย่างละ 1 ชนิดตั้งที่กล่าวมาในข้างต้น ด้วยค่าสนับสนุนทางสถิติที่สูงมาก (MLBS = 95 และ PP = 1) อีกทั้งความสัมพันธ์และกลุ่มทางวิวัฒนาการของทุกตัวอย่างในสกุลหางไหลล้วนไม่ปรากฏลักษณะโพลีโตมีดังเช่นในสายวิวัฒนาการแบบ MP อย่างไรก็ตาม ตำแหน่งบนสายวิวัฒนาการของพืชไม้ทราบชนิดทั้ง 3 ตัวอย่าง ยังคงเป็นส่วนหนึ่งของสมาชิกในสกุลหางไหล แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าไม่ได้มีลักษณะเป็นชาติพันธุ์เดี่ยว แต่เกิดการแยกออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกประกอบด้วยตัวอย่างที่มีเขตการกระจายพันธุ์ในพื้นที่จังหวัดสงขลา คือตัวอย่างจากหน่วยพิทักษ์ป่าผาดำ (*Derris* sp. SS) และตัวอย่างจากทางเข้าน้ำตกโตนปลิว (*Derris* sp. RS) ซึ่งประกอบกันเป็นกลุ่มที่เป็นกลุ่มชาติพันธุ์เดี่ยว อันมีค่าสนับสนุนการรวมกันของกลุ่มอยู่ในระดับสูง (MLBS = 100 และ PP = 1) ส่วนอีกหนึ่งตัวอย่างที่แยกตัวออกมาคือ ตัวอย่างที่พบการกระจายพันธุ์เพิ่มเติมในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช (*Derris* sp. NN) พบว่ามีตำแหน่งที่มีบรรพบุรุษร่วมกับพืชหลายชนิดคือ หางไหลขน (*D. pubipetala*), หางไหลใบเกลี้ยง (*D. glabra*), อวดเลือด (*D. elegans*), *D. spanogheana*, หางไหลเมืองลาว (*D. laotica*) และถอบแถบน้ำ (*D. trifoliata*)



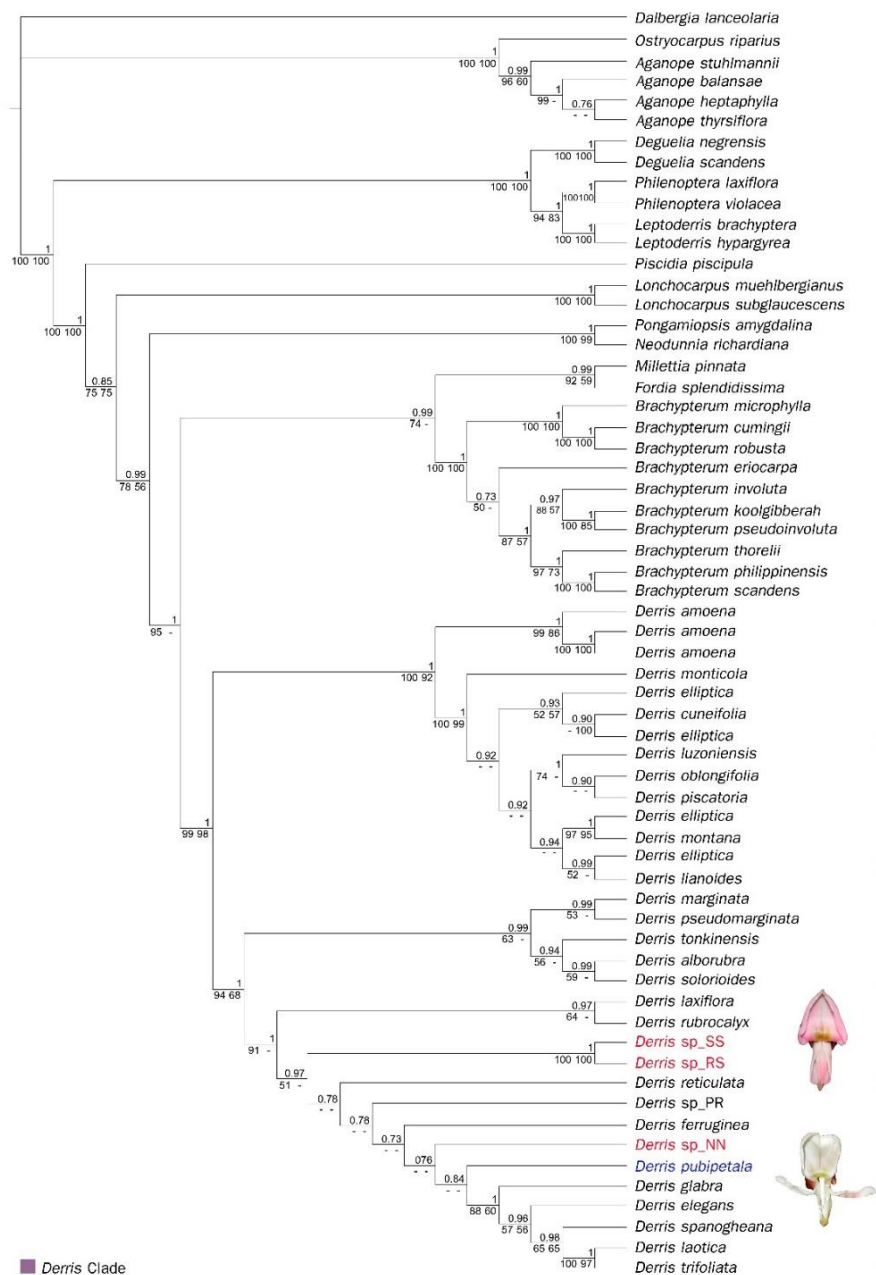
ภาพที่ 30 สายวิวัฒนาการจากการวิเคราะห์แบบ Maximum Parsimony Analysis (MP) ด้วยเครื่องหมายโมเลกุลบนลำดับนิวคลีโอไทด์ของคลอโรพลาสต์และนิวเคลียร์ จีโนม; ค่าสนับสนุนทางสถิติแบบ Bootstrap แสดงที่ด้านบนของกิ่ง (- = MPBS < 50%) [NN, Nopphitam district (Nakhon Si Thammarat province); RS, Rattaphum district (Songkhla province); SS, Sadao district (Songkhla province) Thailand]



ภาพที่ 31 สายวิวัฒนาการจากการวิเคราะห์แบบ Maximum Likelihood Analysis (ML) ด้วยเครื่องหมายโมเลกุลบนลำดับนิวคลีโอไทด์ของคลอโรพลาสต์และนิวเคลียร์ จีโนม; ค่าสนับสนุนทางสถิติแบบ Bootstrap แสดงที่ด้านบนของกิ่ง (- = MLBS < 50%) [NN, Nopphitam district (Nakhon Si Thammarat province); RS, Rattaphum district (Songkhla province); SS, Sadao district (Songkhla province) Thailand]



ภาพที่ 32 สายวิวัฒนาการจากการวิเคราะห์แบบ Bayesian Inference Analysis (BI) ด้วยเครื่องหมายโมเลกุลบนลำดับนิวคลีโอไทด์ของคลอโรพลาสต์และนิวเคลียร์ จีโนม; ค่าสนับสนุนทางสถิติแบบ Posterior Probabilities (PP) แสดงที่ด้านบนของกิ่ง [NN, Nopphitam district (Nakhon Si Thammarat province); RS, Rattaphum district (Songkhla province); SS, Sadao district (Songkhla province) Thailand]



ภาพที่ 33 สายวิวัฒนาการจากการวิเคราะห์แบบ Bayesian Inference Analysis (BI) ด้วยเครื่องหมายโมเลกุลบนลำดับนิวคลีโอไทด์ของคลอโรพลาสต์และนิวเคลียร์ จีโนม; ค่าสนับสนุนทางสถิติแบบ Posterior Probabilities (PP) แสดงที่ด้านบนของกิ่ง พร้อมกับค่าสนับสนุนแบบ Bootstrap จากวิธีวิเคราะห์แบบ Maximum likelihood (MLBS) และ Maximum parsimony (MPBS) แสดงทางด้านล่างของกิ่งบนผังวิวัฒนาการ ตามลำดับ (- = MPBS และ/หรือ MLBS < 50%) [NN, Nopphitam district (Nakhon Si Thammarat province); RS, Rattaphum district (Songkhla province); SS, Sadao district (Songkhla province) Thailand]

ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์

Derris rubricosta Boonprajan & Sirich.

คำบรรยายลักษณะ

ไม้เถาเนื้อแข็งอายุหลายปี ลำต้นทอดเลื้อย ผิวค่อนข้างเรียบมีขนกระจายเล็กน้อย พบช่องอากาศกระจายทั่วไป ลำต้นมีสีน้ำตาลแซมสีเขียว เมื่อแก่มีสีน้ำตาลแกมสีเทาหรือสีเทา ใบเป็นใบประกอบแบบขนนกปลายคี่ ใบย่อย 9-11 ใบ เมื่ออ่อนมีสีแดง แผ่นใบบางคล้ายกระดาษถึงกิ่งหนา คล้ายแผ่นหนัง ก้านใบยาว 6-10.8 เซนติเมตร ด้านบนเป็นร่อง มีขนแข็งเอนเล็กน้อยจนเกือบเกลี้ยง แกนกลางใบยาว 10-18 เซนติเมตร ด้านบนเป็นร่อง มีขนแข็งเอนเล็กน้อยจนถึงเกลี้ยง โคนก้านใบป่อง ยาว 9-15 มิลลิเมตร มีขนแข็งเอนประปราย ไม่มีหูใบย่อย ใบย่อยส่วนปลายใบประกอบ รูปรีรูปหอกกลับหรือรูปขอบขนาน กว้าง 3-4.3 เซนติเมตร ยาว 10-18.3 เซนติเมตร อัตราส่วนระหว่างความยาวและความกว้างของใบ 3.2-4.3 โคนรูปกลม ปลายเรียวแหลม ตั้งปลายใบยาว 7.2-18 มิลลิเมตร ปลายหยักเว้าเล็กน้อย ผิวด้านบนเกลี้ยง ยกเว้นเส้นกลางใบย่อยและเส้นแขนงใบย่อยมีขนต่อมและขนแข็งเอนเล็กน้อย ผิวด้านล่างเกลี้ยงจนถึงมีขนแข็งเอนประปรายที่เส้นกลางใบย่อยและผิวใบย่อยเล็กน้อย เส้นกลางใบย่อยมีขนต่อมและขนแข็งเอนเล็กน้อย มักมีสีออกแดงโดยเฉพาะในใบที่ได้รับแสง ขอบใบมีขนประปราย เส้นใบและเส้นแขนงใบด้านบนนูนหรือเรียบ ด้านล่างนูนชัด เส้นแขนงใบข้างละ 7-9 เส้น ระยะห่างระหว่างเส้นแขนงใบ 0.7-2.7 เซนติเมตร ปลายโค้งขึ้นไปหาปลายใบแต่ไม่เชื่อมกับเส้นแขนงใบที่อยู่ถัดไป การแตกแขนงของเส้นใบเป็นแบบร่างแห โคนก้านใบป่อง ยาว 5-6.5 มิลลิเมตร มีขนแข็งเอนประปราย ใบย่อยด้านข้างของใบประกอบมีลักษณะคล้ายใบย่อยส่วนปลายใบประกอบ รูปรี รูปไข่กลับหรือรูปไข่ กว้าง 3-4.4 เซนติเมตร ยาว 10-18.8 เซนติเมตร อัตราส่วนระหว่างความยาวและความกว้างของใบ 3-4.3 โคนก้านใบป่อง ยาว 4.5-6.5 มิลลิเมตร มีขนแข็งเอนเล็กน้อย ช่อดอกเป็นช่อดอกแบบมีแขนงข้างเทียมออกตามซอกใบหรือปลายกิ่ง ยาว 40-50 เซนติเมตร ใบประดับรองรับช่อดอกรูปสามเหลี่ยม กว้าง 1.8-2.5 มิลลิเมตร ยาว 2-2.6 มิลลิเมตร ด้านนอกมีขนที่ฐานและขอบปลายใบประดับ ด้านในเกลี้ยง ก้านช่อดอกยาว 2-7 เซนติเมตร มีขนแข็งเอนเล็กน้อยและมีช่องอากาศกระจายทั่วไป ใบประดับรองรับแขนงช่อดอก รูปสามเหลี่ยม ฐานกว้าง 1.8-2.4 มิลลิเมตร สูง 2-2.5 มิลลิเมตร ด้านนอกมีขนที่ฐานและขอบปลายใบประดับ ด้านในเกลี้ยง แขนงช่อดอกยาว 3.4-15 เซนติเมตร มีขนแข็งสั้นที่ส่วนโคนและมีขนยาวกระจายทั่ว มีช่องอากาศกระจายทั่ว ใบประดับรองรับกิ่งงั้น รูปไข่หรือรูปสามเหลี่ยม กว้าง 0.8-1.4 มิลลิเมตร ยาว 1-2.5 มิลลิเมตร ด้านนอกมีขนที่ฐานและขอบปลายใบประดับ ด้านในเกลี้ยง กิ่งงั้น มีลักษณะเป็นตุ่มหรือยี่ดียวออกเป็นรูปทรงกระบอก ยาว 1-12 มิลลิเมตร ประกอบด้วยดอกจำนวน 2-8 ดอก มีขนแข็งเอนปกคลุม ใบประดับรองรับดอกย่อยรูปไข่หรือรูปสามเหลี่ยม กว้าง 0.7-1 มิลลิเมตร ยาว 0.7-0.9 มิลลิเมตร ด้านนอกมีขนที่ฐานและขอบปลายใบประดับ ด้านในเกลี้ยง ก้านดอกย่อยยาว 3.5-5.2 มิลลิเมตร มีขนแข็งเอนปกคลุม ใบประดับย่อยติดกับส่วนฐานของกลีบเลี้ยงรูปไข่ ครึ่งวงกลมหรือรูปสามเหลี่ยม กว้าง 0.5-0.7 มิลลิเมตร ยาว 0.6-0.9 มิลลิเมตร ด้านนอกมีขนแข็งเอนประปราย ขอบมีขนเล็กน้อย ด้านในเกลี้ยง กลีบเลี้ยงสีออกแดงจนถึงแดงเข้มแกมม่วง โคนเชื่อมติดกันเป็นรูปถ้วย ปลายแยกเป็น 5 แฉก ยาว 3.4-4.2 มิลลิเมตร ด้านนอกมีขนแข็งเอน

ประปราย และที่ขอบมีขนเล็กน้อย ด้านในเกลี้ยง กลีบดอกสีชมพูอ่อนหรือสีชมพู กลีบกลาง รูปกลมหรือรูปไข่กว้าง กว้าง 8.6–9.3 มิลลิเมตร ยาว 8.5–10 มิลลิเมตร ปลายกลีบหยักเว้าตื้น บริเวณฐานของกลีบกลางมีแต้มสีเขียวแกมสีเหลือง ไม่ปรากฏรอยด่างที่ส่วนฐาน ก้านกลีบยาว 1.5–2.8 มิลลิเมตร ด้านนอกมีขนบริเวณส่วนกลางของกลีบจนถึงปลายกลีบ ด้านในมีขนที่ปลายกลีบ กลีบคู่ข้างรูปรีหรือรูปไข่ กว้าง 3.1–4 มิลลิเมตร ยาว 7.3–8.2 มิลลิเมตร ปลายเรียวยาวมน โคนกลีบด้านบนมีดิ่งกลีบ ยาว 0.5–0.9 มิลลิเมตร ดิ่งกลีบด้านล่างเห็นไม่ชัดเจนหรือไม่มี มีรอยพับย่นคล้ายถุงทางด้านข้างของกลีบ ยาว 1.4–2.2 มิลลิเมตร ก้านกลีบยาว 1.8–3.5 มิลลิเมตร กลีบด้านนอกมีขนที่บริเวณกลางกลีบจนถึงปลายกลีบ ด้านในมีขนที่ปลายกลีบ กลีบคู่ล่างรูปรี กว้าง 2.3–3 มิลลิเมตร ยาว 7–7.8 มิลลิเมตร ปลายเป็นหยักเว้ามุม โคนด้านบนมีดิ่งกลีบยาว 0.5–1 มิลลิเมตร ดิ่งกลีบด้านล่างเห็นไม่ชัดเจนหรือไม่มี มีรอยพับคล้ายถุงทางด้านข้างของกลีบยาว 1–2.1 มิลลิเมตร ก้านกลีบยาว 1–2.9 มิลลิเมตร กลีบด้านนอกและด้านในมีขนที่ส่วนของปลายกลีบ และพบประปรายในบริเวณที่เป็นเส้นกลีบดอกด้วย เกสรเพศผู้ 10 อัน ก้านชูอับเรณูเชื่อมติดกันเป็นหลอดโอบล้อมเกสรเพศเมีย ก้านชูอับเรณูยาว 2.8–4.6 มิลลิเมตร ส่วนที่ไม่เชื่อมกันยาว 1.5–3.1 มิลลิเมตร มีขนประปราย อับเรณูกว้าง 0.2–0.3 มิลลิเมตร ยาว 0.5–0.6 มิลลิเมตร เกลี้ยง ยกเว้นส่วนฐานมีขน ฐานดอกค่อนข้างนูนหยักเป็นพู ประมาณ 10 พู เกลี้ยง รังไข่ ยาว 3.5–5 มิลลิเมตร มีขนคล้ายไหม ปกคลุม ออวูลต่อรังไข่ประมาณ 4 ออวูล ก้านรังไข่เห็นไม่ชัดเจน ก้านยอดเกสรเพศเมียเรียว ยาว 5.6–7.4 มิลลิเมตร มีขนคล้ายไหมที่ส่วนฐานและค่อย ๆ เรียบเกลี้ยงเมื่อเข้าใกล้ยอดเกสรเพศเมีย ขาดข้อมูลฝักและเมล็ด

ชีพลักษณะของดอกและผล

ออกดอกช่วงเดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ และอาจติดผลในเดือนมีนาคม-เมษายน

ชื่อพื้นเมือง

เคลื่อไหลสีรติวงศ์

นิรุกติศาสตร์

คำระบุชนิดหมายถึงเส้นกลางใบย่อยที่เจริญเต็มที่มีสีแดง ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่พบในพืชชนิดอื่นภายในสกุลเดียวกัน ชื่อภาษาไทย ตั้งขึ้นเพื่อเป็นเกียรติแก่รองศาสตราจารย์ ดร.จรัส สีรติวงศ์ ผู้ค้นพบและเก็บตัวอย่างต้นแบบ

เขตการกระจายพันธุ์

ประเทศไทย; สงขลา (อำเภอรัตภูมิและอำเภอสะเดา) (ภาพที่ 11)

นิเวศวิทยาถิ่นที่อยู่

มักขึ้นกระจายอยู่ใกล้ลำธาร ในที่ร่มรำไรแสงแดดส่องถึงจนถึงบริเวณที่ได้รับแสงเต็มที่ พืชชนิดนี้โดยเฉพาะในพื้นที่เจริญของตัวอย่างต้นแบบขึ้นตามดินทรายหรือดินร่วนปนทราย

สถานะทางการอนุรักษ์

ด้วยพืชชนิดใหม่นี้พบเขตการกระจายพันธุ์เพียง 2 พื้นที่ ภายในจังหวัดเดียวกันเท่านั้น จำนวนประชากรที่เจริญเต็มที่จากการประเมินอย่างคร่าวมีน้อยกว่า 10,000 ต้น และพื้นที่การกระจายราว 2,000 ตารางกิโลเมตร แม้พื้นที่ทั้งหมดล้วนเป็นส่วนหนึ่งของเขตอนุรักษ์ แต่พืชชนิดนี้ยังคงได้รับการคุกคามด้วยกิจกรรมของมนุษย์เรื่อยมา ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงให้สถานะการอนุรักษ์ชั่วคราวกับพืชสกุลทางไหลชนิดใหม่นี้คือ vulnerable category, (VU) B2 b(ii)c(ii) ตามเกณฑ์การประเมิน IUCN standards and petitions committee (2022, v. 15.1)



บทที่ 5 อภิปราย สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

อภิปรายผลการศึกษา

การศึกษาสัณฐานวิทยา

ลักษณะที่ไม่เกี่ยวข้องกับเพศและการสืบพันธุ์

ลักษณะวิสัยและสัณฐานวิทยาส่วนของเถาหรือลำต้นในตัวอย่างของพืชไม่ทราบชนิดจาก 3 พื้นที่แหล่งเก็บไม่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างเด่นชัด เมื่อพิจารณาผลการศึกษาสัณฐานวิทยาในส่วนของใบโดยละเอียดทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ พบว่าตัวอย่างใบจากพื้นที่แหล่งเก็บทั้ง 3 แหล่ง มีความคล้ายคลึงในภาพรวม จึงเกิดข้อสันนิษฐานในเบื้องต้นว่าตัวอย่างจากทุกแหล่งเก็บเป็นพืชชนิดเดียวกัน จากการสังเกตระหว่างการทำงานในภาคสนามพบว่าแต่ละพื้นที่แหล่งเก็บมีความแตกต่างกันในรายละเอียดของปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เช่น ตัวอย่างจากหน่วยพิทักษ์ป่าผาดำและบริเวณทางเข้าน้ำตกโตนปลิว จังหวัดสงขลา พืชชนิดนี้เจริญในพื้นที่เปิดโล่งริมทางน้ำไหลผ่านโดยตัวอย่างที่หน่วยพิทักษ์ป่าผาดำเจริญในดินที่มีลักษณะเป็นทรายผสมกรวดลำธาร ค่อนข้างมีอินทรีย์วัตถุต่ำ ตัวอย่างที่เจริญบริเวณทางเข้าน้ำตกโตนปลิว เป็นพื้นที่ลาดชันประมาณ 45 องศา ริมตลิ่ง ได้รับการรบกวนจากการทำการเกษตร การขยายตัวของถนน และการก่อพื้นคอนกรีตฐานสะพานข้ามเพื่อป้องกันการพังทลายของตลิ่ง สภาพดินต้น เป็นดินปนทรายและมีอินทรีย์วัตถุปานกลาง ส่วนตัวอย่างจากพื้นที่น้ำตกกรุงชิง จังหวัดนครศรีธรรมราช เจริญเติบโตในบริเวณที่ค่อนข้างร่มชื้นกว่า มีสภาพดินเป็นดินเหนียวปนดินร่วน และไม่ได้ยึดติดโดยตรงกับธารน้ำ สิ่งเหล่านี้อาจมีอิทธิพลต่อสัณฐานวิทยาของใบ ซึ่งค่อนข้างจะเป็นโครงสร้างที่แปรผันต่อสิ่งแวดล้อมได้ง่าย เมื่อเทียบกับโครงสร้างสืบพันธุ์อย่างส่วนของดอกหรือผล (Salisbury, 1928; Skutch, 1928; Nautiyal et al., 1994; Meziane & Shipley, 1999; Chartzoulakis et al., 2002) สาเหตุอีกประการหนึ่งคือความคล้ายคลึงของลักษณะใบจากทุกแหล่งเก็บ แม้การศึกษาครั้งนี้จะมีตัวอย่างของดอกเฉพาะประชากรจากหน่วยพิทักษ์ป่าผาดำ ทำให้ผู้ศึกษาสันนิษฐานไว้ในเบื้องต้นว่าทั้งหมดน่าจะเป็นชนิดเดียวกันดังกล่าว แต่เมื่อพิจารณาในรายละเอียดจึงพบว่าตัวอย่างจากพื้นที่น้ำตกกรุงชิงมีความแตกต่างของใบไปบ้างเล็กน้อยเมื่อเทียบกับตัวอย่างจากจังหวัดสงขลา พร้อมกันนี้ลักษณะสัณฐานวิทยาระดับมหภาคและจุลภาคในการศึกษาค้างขึ้นชี้ให้เห็นว่าตัวอย่างพืชไม่ทราบชนิดในสกุลทางไหลมีความใกล้เคียงกับทางไหลขนมากที่สุด อีกทั้ง มีเขตการกระจายพันธุ์และเจริญในสภาพแวดล้อมที่คล้ายคลึงกันอีกด้วย

อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของใบเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างพืชไม่ทราบชนิดที่ศึกษาในครั้งนี้กับคำบรรยายลักษณะของใบในตัวอย่างพืชจากงานวิจัยที่มีการศึกษาไว้แล้วก่อนหน้านี้ พบว่ามีสิ่งที่น่าสนใจดังต่อไปนี้

ลักษณะใบของพืชไม่ทราบชนิดจากทุกตัวอย่างในทุกแหล่งเก็บเป็นใบประกอบแบบขนปลายคี่ใบย่อยออกตรงกันข้าม ซึ่งเป็นลักษณะที่ปรากฏทั่วไปในพืชวงศ์ถั่ว เผ่า Millettieae และในทุกชนิด

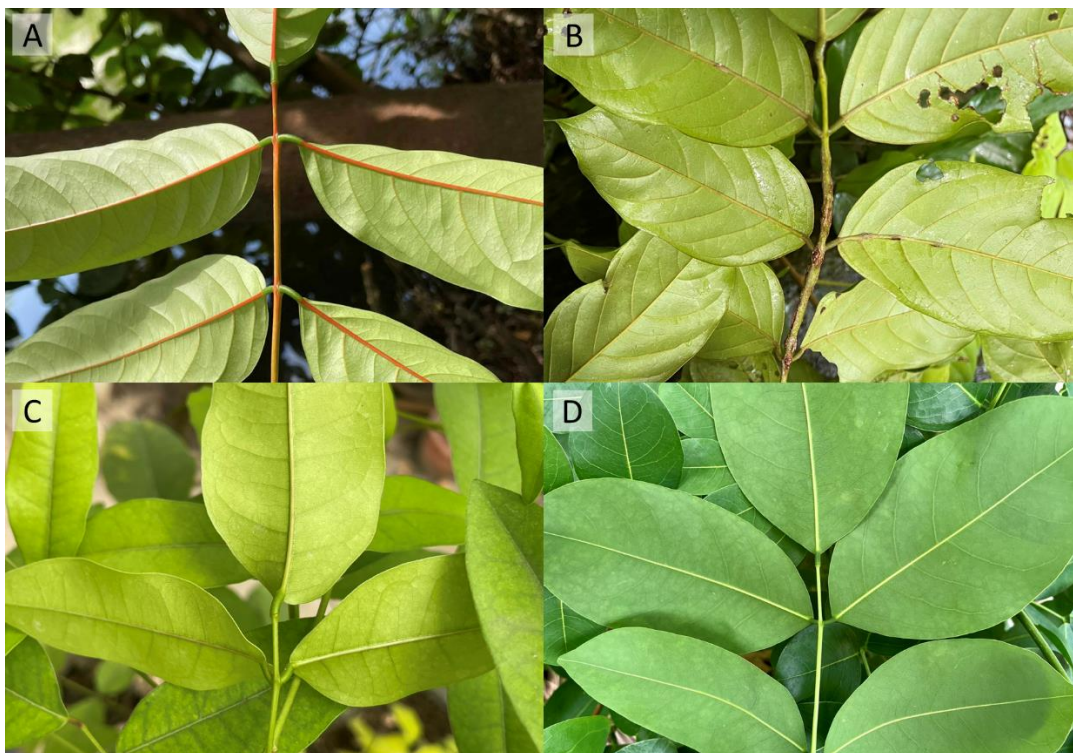
ของสกุลหางไหล ลักษณะนี้จึงไม่มีนัยสำคัญหรือให้ข้อมูลที่จะสามารถนำมาแยกหรือระบุชนิดได้ ใบของพืชไม่ทราบชนิดนี้มีขนาด รูปร่าง และจำนวนใบย่อยที่ใกล้เคียงกับที่พบในพืชสกุลหางไหลบางชนิดเช่น หางไหลพม่า (*D. monticola*) และพืชที่แต่เดิมเคยจัดให้อยู่ในสกุล *Paraderris* เช่น หางไหลขาวเมืองเหนือ (*D. cuneifolia*), หางไหลขาวแดนใต้ (*D. montana*) และหางไหลแดง (*D. elliptica*) คือมี 9–11 ใบย่อย (มากกว่าสกุลหางไหลโดยทั่วไป) และมีค่าเฉลี่ยขนาด (ความยาวและความกว้าง) ของใบที่ค่อนข้างใหญ่ รูปร่างใบที่เป็นรูปรี หอกกลับ จนถึงรูปขอบขนาน โดยลักษณะที่เด่นชัดที่สุดของพืชไม่ทราบชนิดดังกล่าวคือการปรากฏของสีแดงบนเส้นกลางใบของใบย่อย ใบที่เจริญเต็มที่แล้ว ซึ่งไม่เคยมีการรายงานการพบลักษณะเช่นนี้ในพืชสกุลหางไหลชนิดใดเลย อย่างไรก็ตาม การปรากฏของสีแดงดังกล่าว มิได้เป็นลักษณะที่มีความคงที่นักเนื่องจากในการสังเกตระหว่างการทำงานภาคสนาม พบว่าตัวอย่างจากหน่วยพิทักษ์ป่าผาดำและบริเวณทางเข้าน้ำตกโดนปลิว จังหวัดสงขลา บางครั้งในใบที่แก่มาก ๆ และอยู่ในที่ค่อนข้างร่ม การสะสมของสารสีแดงที่ปรากฏนั้นอาจจางลงหรือหายไป สอดคล้องกับตัวอย่างที่เก็บจากพื้นที่น้ำตกกรุงชิง จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นพื้นที่ร่มขึ้นกว่าสองบริเวณแรกก็แสดงลักษณะสีแดงที่ไม่เด่นชัดเช่นกัน แม้จะแสดงจำนวนใบย่อยและรูปร่างของใบย่อยที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างที่เก็บจากจังหวัดสงขลา จึงมีความเป็นไปได้ว่าตัวอย่างจากพื้นที่แหล่งเก็บที่สามนี้ อาจเป็นพืชคนละชนิดกันหรือมีลักษณะเป็นชนิดเชิงซ้อน (species complex) ต่างจากสมมติฐานในเบื้องต้นที่ตั้งไว้ โดยผลการศึกษายาสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการที่ได้บางส่วนแสดงให้เห็นอย่างสอดคล้องกับข้อสมมติฐานภายหลังนี้ด้วย

การมีสีแดงบนเส้นกลางใบย่อยนี้นับเป็นลักษณะเฉพาะที่สามารถให้ข้อมูลหรือใช้บอกความแตกต่างกับชนิดอื่นได้คือลักษณะหนึ่ง การสะสมของรงควัตถุสีแดงโดยปรกติมักพบได้ชัดเจนในใบอ่อนของพืชสกุลหางไหลแทบทุกชนิด (Sirichamorn et al., 2020) เป็นลักษณะที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงานภาคสนามเพราะทำให้สังเกตเห็นได้ง่าย ใบอ่อนของพืชสกุลหางไหลโดยทั่วไปจะปรากฏลักษณะนี้ขึ้นทั้งใบ คือส่วนก้านใบ แกนกลางใบประกอบ เส้นกลางใบย่อย และแผ่นใบ แต่เมื่อใบเจริญเต็มที่ รงควัตถุสีแดงจะค่อย ๆ จางลงไป ทำให้ทุกส่วนของใบจนกระทั่งแผ่นใบเปลี่ยนสีเป็นสีเขียวและไม่แสดงลักษณะดังกล่าวอีกเลยเมื่อใบเจริญเต็มที่ (ภาพที่ 34) มีการศึกษารงควัตถุสีแดงดังกล่าวและพบว่าเป็นสารกลุ่มแอนโทไซยานิน (anthocyanins) ซึ่งเป็นโมเลกุลในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) กลุ่มพอลิฟีนอล (polyphenol) มีสีตั้งแต่สีออกแดงถึงน้ำเงินเข้ม โดยในสภาพที่แอนโทไซยานินอยู่ในสภาวะเป็นกรด (ค่า pH ต่ำกว่า 3) จะมีสีแดง การสะสมของรงควัตถุสีแดงในใบอ่อนเป็นลักษณะที่พบได้ในพืชหลากหลายวงศ์รวมถึงวงศ์ถั่ว (Gong et al., 2020; Mattapha, 2020; Sirichamorn, 2020) หน้าที่ทางชีวภาพของรงควัตถุสีแดงนี้คือการดูดซับพลังงานจากแสงอาทิตย์ โดยทำงานร่วมกับคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) เพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและการเจริญเติบโตของพืช รวมถึงเป็นสารป้องกันอันตรายจากแสง (photoprotective agents) ทำหน้าที่ช่วยกระจายแสงและปกป้องใบที่ยังอ่อนอยู่จากบริเวณที่มีปริมาณแสงมาก โดยใบที่กำลังพัฒนาอาจมีความไวต่อการยับยั้งด้วยแสง (photoinhibition) มากกว่าใบที่เจริญเต็มที่แล้ว ส่วนหนึ่งเป็นเพราะกลไกการสังเคราะห์ด้วยแสงยังไม่สมบูรณ์นั่นเอง (Miranda et al., 1981; Close et al., 2001; Close & Beadle, 2003) ทั้งนี้ยังเป็นไปได้ว่าใบที่มีความอ่อนอาจมีความเสี่ยงจากปฏิกิริยาการผลิออกซิเจนในระหว่างการสลายคลอโรฟิลล์ ใบอ่อนที่มี

สีแดงจึงสามารถทนต่อการเกิดการยับยั้งโดยแสงได้มากกว่า (Matile, 2000) และเนื่องจากความสามารถในการกระจายแสงหรือรังสีของรงควัตถุในใบสีแดง จึงสามารถลดพลังงานความร้อนที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชได้มากกว่าการมีคลอโรฟิลล์เพียงอย่างเดียวในใบที่มีสีเขียว (Long et al., 1994; Manetas et al., 2003) การสะสมแอนโทไซยานินในใบอาจไม่ได้มีนัยในกลไกป้องกันตัวเองจากแสงเป็นหลักแต่เพียงประการเดียว ในหลายกรณีพบว่าลักษณะดังกล่าวมิได้ขึ้นกับปริมาณแสงที่พืชได้รับ โดยเฉพาะกับสกุลทางไหลเองที่แม้จะอยู่ในที่ร่มได้รับแสงในปริมาณน้อยแต่ยังคงแสดงลักษณะเช่นนี้อยู่ (Sirichamorn et al., 2012a, 2020) การสะสมรงควัตถุนี้อาจมีขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์อื่น เช่น การป้องกันตนเองของพืชจากการเข้าทำลายของสัตว์กินพืช (Kursar & Coley, 1992; Turner, 2001) ทั้งนี้ส่วนหนึ่งเป็นเพราะคลอโรฟิลล์เป็นโมเลกุลที่มีคุณค่าทางโภชนาการและมีสีที่ช่วยเพิ่มความน่าดึงดูดสำหรับสัตว์กินพืชหรือแมลงบางชนิดที่ใช้ในการวางไข่ (Prokopy & Owens, 1983) การชะลอการสร้างรงควัตถุสีเขียวในใบโดยการสะสมรงควัตถุชนิดอื่นชั่วคราวแทน เช่น รงควัตถุสีแดงอันเป็นที่แสดงสัญญาณของความเป็นอันตรายในทางชีวภาพ จึงเป็นส่วนหนึ่งของการลดความเสี่ยงจากการเข้าทำลายโดยสัตว์กินพืชและความเสียหายจากความเข้มของแสงร่วมด้วย (Chalker-Scott 1999; Steyn et al., 2002; Neill & Gould, 2003; Gould, 2004; Hatier & Gould, 2009; Karageorgou & Manetas, 2006; Turner, 2001; Gould et al., 2018; Chen et al., 2021) นอกจากนี้ สารในกลุ่มแอนโทไซยานินบางชนิดมีความสัมพันธ์ในกลไกการป้องกันโรค เพราะเป็นองค์ประกอบของสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับการต้านทานเชื้อราและจุลชีพต่าง ๆ อีกด้วย (Feeny, 1970; Coley & Aide, 1989; Bennett & Wallsgrave, 1994; Chalker-Scott, 1999; Gould et al., 2000; Hoch et al., 2001; Steyn et al., 2002; Close & Beadle, 2003)

พืชสกุลทางไหลไม่ทราบชนิดในการศึกษานี้มีการสร้างใบอ่อนที่เป็นสีแดงเช่นกัน ทว่าเมื่อใบเจริญเต็มที่แล้ว สีแดงยังคงปรากฏในส่วนของเส้นกลางใบย่อยอยู่ ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่พบในชนิดอื่น ๆ ของสกุลทางไหลเลย ด้วยทั่วไปแล้ว เมื่อใบพัฒนาเข้าสู่ระยะที่จะเจริญเต็มที่ ใบจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว โดยที่เมื่อดีสีแดงจะเกิดการสลายตัวอย่างรวดเร็วเมื่อทำหน้าที่อย่างสมบูรณ์แล้ว (Chalker-Scott, 1999; Steyn et al., 2002; Close & Beadle, 2003; Oren-Shamir, 2009) แม้การที่ใบของพืชสกุลทางไหลมีสีแดงนั้นอาจไม่ได้เกี่ยวข้องกับปริมาณแสงที่พืชได้รับเป็นหลักเท่าไรนักตามรายงานที่กล่าวไว้ข้างต้น แต่พบว่าตัวอย่างของใบพืชไม่ทราบชนิดในสกุลทางไหลนี้ สีแดงที่ปรากฏบนบางส่วนของใบที่เจริญเต็มที่นั้น ค่อนข้างมีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่พืชใบพืชบริเวณนั้นได้รับ กล่าวคือพบว่าใบที่ได้รับแสงแดดโดยตรงจะยังคงมีลักษณะสีแดงที่ส่วนของเส้นกลางใบย่อยแสดงให้เห็นอย่างชัดเจน แม้ว่าแผ่นใบย่อยจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวไปแล้ว ในทางกลับกันเมื่อพิจารณาใบของพืชต้นเดียวกันที่อยู่ในตำแหน่งที่ถูกบดบังแสงบางส่วน ลักษณะสีแดงนั้นจะซีดจางกว่าเมื่อเทียบกับใบที่ได้รับแสงโดยตรงและสีแดงนั้นจะหายไปในตัวอย่างใบที่ไม่ได้รับแสงเลย แสดงให้เห็นชัดเจนว่าการหลงเหลือของรงควัตถุสีแดงในส่วนของใบนั้นมีความเกี่ยวข้องกับแสงโดยตรงและน่าจะเพิ่มขึ้นเพื่อเป็นการปกป้องใบพืชดังเหตุผลที่กล่าวมาเบื้องต้น ทว่า บริเวณเส้นกลางใบของใบย่อยนั้นมิใช่บริเวณหลักที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเมื่อเทียบกับบริเวณแผ่นใบ หากแต่เป็นบริเวณที่มีเนื้อเยื่อลำเลียงอยู่เป็นจำนวนมาก การคงเหลือของรงควัตถุสีแดงในบริเวณดังกล่าวของใบที่เจริญ

เต็มทีของพืชไม้ทรอปซิคในสกุลทางไหลนี้ จึงยังไม่ทราบถึงประโยชน์ที่ชัดเจนนักและเป็นเรื่อง น่าสนใจในการศึกษาต่อไป

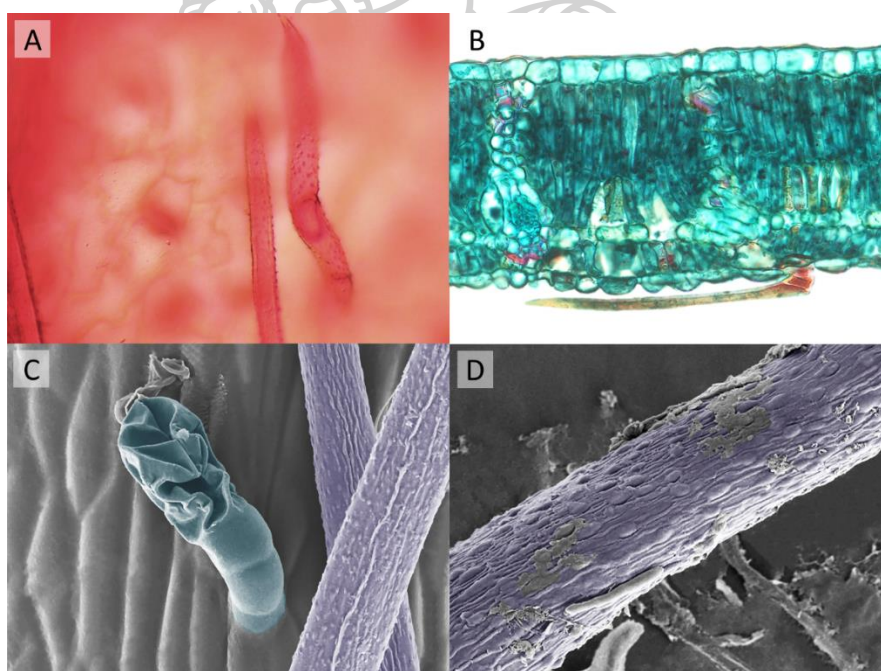


ภาพที่ 34 สันฐานวิทยาเส้นกลางใบเปรียบเทียบตัวอย่างใบทางด้านล่างพืชไม้ทรอปซิค ในสกุลทางไหล (A) ทางไหลขน (B) ทางไหลเมืองลาว (C) ทางไหลเขียว (D)

สันฐานวิทยาของผิวใบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด SEM เผยให้เห็นลักษณะเฉพาะเพิ่มเติมของ พืชสกุลทางไหลไม้ทรอปซิค นั่นคือรอยางค์ผิวแบบขนต่อมขนาดเล็กที่ขึ้นกระจายทั่วผิวของเส้นกลาง ใบของใบย่อยทั้งสองด้านปะปนกับรยางค์ผิวที่ไม่ใช่ขนต่อมแบบเซลล์เดี่ยวและสองเซลล์ ทั่วไปแล้ว รยางค์ผิวที่พบบนส่วนต่าง ๆ ของพืชมักเกี่ยวข้องกับสรีรวิทยาหรือนิเวศวิทยาของพืชในหลายด้าน (Wagner et al., 2004; Peiffer et al., 2009; LoPresti, 2016; Li et al., 2018) การปรากฏของ รยางค์ผิวในแง่หนึ่งมักมีส่วนช่วยหรือเอื้อประโยชน์ให้เกิดการป้องกันอันตรายจากสัตว์กินพืชหรือความเสียหายจากความเครียดด้วยความสามารถในการผลิต สะสม และหลั่งสารเคมีภายในโครงสร้าง ของต่อม (Peiffer et al., 2009; LoPresti, 2016; Murungi et al., 2016; Stojičić et al., 2016; Zhao & Chen, 2016; Tozin & Rodrigues, 2017; Jachuta et al., 2018; Li et al., 2018; Chitchak et al., 2022) แต่การปรากฏของลักษณะเช่นนี้ในสมาชิกของสกุลทางไหลนั้น ไม่เคยมีงาน เขียนใดกล่าวถึงมาก่อน รวมถึงการพิจารณาตัวอย่างใบของพืชชนิดอื่น ๆ ภายในสกุลเดียวกันจาก ตัวอย่างที่มีชีวิต (living specimens) และตัวอย่างที่ได้รับการฝากเก็บรักษาในพิพิธภัณฑ์พืชโดยตรง ของผู้วิจัยเอง ลักษณะเช่นนี้สามารถพบได้เพียงพืชชนิดนี้เท่านั้น รยางค์ผิวแบบขนต่อมที่พบในพืช

ไม่ทราบชนิดของการศึกษานี้มีขนาดเล็ก ไม่มีกลิ่น และกระจายอยู่อย่างบาง ด้วยรูปร่างและรูปแบบของการกระจายตัวเช่นนี้ รยางค์ผิวดังกล่าวอาจเป็นโครงสร้างหลังสารภายนอก (external secretory structures) ที่พืชวิวัฒนาการขึ้นจากกลไกการป้องกันตัวเองหรือจุดประสงค์สิ่งอื่นมิใช่เพื่อสะสมสารใดสารหนึ่งหรือเพื่อดึงดูดสิ่งใด และเป็นที่น่าสนใจว่าตำแหน่งของรยางค์แบบมีต่อมนี้นั้นอยู่ในบริเวณเดียวกับการสะสมของสารสีแดงดังกล่าวไว้ข้างต้น เป็นไปได้ว่าทั้งสองสิ่งอาจมีความสัมพันธ์เพื่อจุดประสงค์เดียวกัน

การศึกษาสัณฐานวิทยาของผิวใบด้วยเทคนิค SEM ในการศึกษาครั้งนี้ เผยให้เห็นลักษณะเพิ่มเติมจากการศึกษาก่อนหน้าเกี่ยวกับกายวิภาคใบของพืชบางชนิดในกลุ่มคล้ายคลึงสกุลหางไหลในประเทศไทยโดย ยศเวช สิริจามร (2563) เช่น ลักษณะผนังของรยางค์ผิวที่เป็นปุ่มหรือตุ่มขนาดเล็กกระจายทั่วผนัง ซึ่งเดิมรายงานพบเพียงในตัวอย่างของพืชสกุลเถาวัลย์เปรียง (*Brachypterum*) เท่านั้น ไม่พบในตัวอย่างจากอีกสองสกุล คือสกุลชะงายัน (*Aganope*) และสกุลหางไหล ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น การศึกษานี้พบลักษณะดังกล่าวปรากฏในพืชทั้งสองชนิดคือพืชไม่ทราบชนิดในสกุลหางไหลและหางไหลขน ชนิดที่รายงานไว้ในการศึกษาครั้งดังกล่าวด้วย ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของสีย้อมหรือขนาดของขนที่เล็กกว่าที่พบในสมาชิกสกุลเถาวัลย์เปรียง จึงเป็นส่วนให้ไม่มีรายงานถึงลักษณะดังกล่าวขึ้น



ภาพที่ 35 สัณฐานวิทยามนักรยางค์ผิวเปรียบเทียบกับ; กายวิภาคผิวใบสกุล *Brachypterum* (A) ภาคตัดขวางแผ่นใบหางไหลแดง (B) ภาพ SEM แสดงรยางค์ผิวแบบขนต่อมและผนังเซลล์ของพืชไม่ทราบชนิดในสกุลหางไหล (C) และผนังเซลล์รยางค์ผิวของหางไหลขน (D) ภาพโดย ยศเวช สิริจามร (2563) (A, B)

กายวิภาคใบพืช

ลักษณะกายวิภาคใบของพืชไม่ทราบชนิดและชนิดเลือกเปรียบเทียบ (หางไหลชน) จากทั้ง 6 พื้นที่แหล่งเก็บ (ตารางที่ 2) ปรากฏความผันแปรที่ต่ำมากภายในชนิดเดียวกัน แม้รายละเอียดในส่วนของข้อมูลเชิงปริมาณจะแสดงความต่างไปบ้างก็ตาม

กายวิภาคของผิวใบระหว่างพืชไม่ทราบชนิดกับหางไหลชน พบว่ามีความใกล้เคียงกันด้วยลักษณะของเซลล์ผิวใบแบบหยักเว้าเป็นพูและปากใบที่พบส่วนใหญ่เป็นแบบพาราไซติกที่กระจายทั่วแผ่นใบด้านล่างเท่านั้น ต่างไม่มีลักษณะพิเศษที่แตกต่างกับกายวิภาคผิวใบของพืชสกุลหางไหลที่เคยมีการศึกษาไว้ก่อนหน้านี้ (Keijner, 1981) การศึกษากายวิภาคผิวใบของพืชวงศ์ถั่วมีรายงานถึงลักษณะของกายวิภาคผิวใบว่ามีนัยสำคัญทางอนุกรมวิธานและสามารถนำมาใช้ในการจัดจำแนกหรือตรวจหาชนิดที่ถูกต้องได้ (Norverto et al., 1994; Zoric et al., 2012; Pereira et al., 2018; Yousaf et al., 2022; Bento et al., 2023) อย่างไรก็ตาม ลักษณะกายวิภาคของโครงสร้างที่ไม่เกี่ยวข้องกับเพศนี้อาจเป็นสิ่งที่แปรผันได้ง่ายตามปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่พืชได้รับ (Smith & Nobel, 1978; Ferris et al., 1996; Pérez-Estrada et al., 2000; Chen et al., 2006; Hameed et al., 2009) การศึกษากายวิภาคของใบจึงควรศึกษาจากตัวอย่างชนิดเดียวกันในหลาย ๆ สภาพแวดล้อม เพื่อให้ครอบคลุมทุกความผันแปรที่เป็นไปได้ของลักษณะที่อาจปรากฏได้ในพืชชนิดนั้น ๆ ทั้งนี้หากมีการใช้สถิติเข้ามาคำนวณเพิ่มเติม อาจเป็นอีกหนึ่งส่วนที่ทำให้เห็นข้อแตกต่างของลักษณะกายวิภาคผิวใบทั้งในตัวอย่างที่ศึกษากับชนิดอื่นภายในสกุลเดียวกัน ซึ่งจะสามารถบอกถึงความเหมือนหรือความต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติได้ โดยเฉพาะหากทำการศึกษาเปรียบเทียบกับพืชที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่ใกล้เคียงที่สุดและมีเขตการกระจายพันธุ์ที่ซ้อนทับกันอย่างหางไหลชน

กายวิภาคใบของตัวอย่างพืชในสกุลหางไหลไม่ทราบชนิดเผยให้เห็นลักษณะอันเป็นเอกลักษณ์จำนวนมากเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างใบของหางไหลชน โดยเฉพาะลักษณะจากภาพตัดขวางของแผ่นใบ ด้วยขนาดของเซลล์ผิวใบและขนาดของปากใบที่พบในพืชไม่ทราบชนิดมีขนาดใหญ่กว่าในหางไหลชน ส่งผลให้จำนวนของปากใบในพืชไม่ทราบชนิดมีความหนาแน่นน้อยกว่าหางไหลชน ทว่าค่าดัชนีบ่งชี้ปากใบของหางไหลชนกลับมีค่าน้อยกว่าเนื่องด้วยการมีเซลล์ผิวใบและปากใบที่มีขนาดเล็ก ลักษณะเหล่านี้สะท้อนได้ถึงสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันระหว่างพืชทั้งสองชนิดได้ (Bosabalidis & Kofdis, 2002; Raven, 2002; Woodward et al., 2002; Hetherington & Woodward, 2003; Franks & Farquhar, 2007) พืชสกุลหางไหลไม่ทราบชนิดเจริญได้ดีในสภาพแวดล้อมเปิดโล่ง มีแสงแดดส่องถึง ขณะที่หางไหลชนเจริญในถิ่นที่อยู่ที่มีร่มเงาและชื้นมากกว่า ขนาดเซลล์คุมของปากใบในพืชที่เจริญภายใต้สภาวะที่แห้งแล้งมักมีขนาดใหญ่กว่าที่พบในพืชที่เติบโตภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีร่มเงา ส่วนหนึ่งเนื่องจากการเปิด-ปิดของปากใบที่ใหญ่กว่าจะเกิดขึ้นได้ช้ากว่าและแสดงถึงศักยภาพของการกักเก็บน้ำที่มากกว่าได้ (Asamaa et al., 2001; Hetherington & Woodward, 2003; Lawson & Blatt, 2014)

ขนาดของเส้นกลางใบและมัดท่อลำเลียงของพืชไม่ทราบชนิดในการศึกษานี้มีขนาดใหญ่กว่าหางไหลชนอย่างเห็นได้ชัด เป็นไปได้ว่าขนาดของส่วนดังกล่าวที่ใหญ่กว่านี้อาจสอดคล้องกับ

สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิที่สูงหรือได้รับแสงมากกว่า ซึ่งเป็นรูปแบบของถิ่นที่อยู่ของประชากรทั้งสามของพืชไม่ทราบชนิดเมื่อเทียบกับทางไหลขนที่เจริญเติบโตในพื้นที่ที่อาจไม่ต้องเพิ่มศักยภาพของระบบขนส่งน้ำของเนื้อเยื่อลำเลียง เนื่องจากทางไหลขนได้รับน้ำในปริมาณที่เพียงพอจึงไม่ประสบกับปัญหาตังก้าว ขนาดของมัดท่อลำเลียงจึงไม่จำเป็นต้องมีขนาดใหญ่มาก ในทางกลับกัน พืชไม่ทราบชนิดนี้เจริญในพื้นที่ที่ได้รับความเครียดที่เกี่ยวข้องกับน้ำอยู่บ่อยครั้ง จึงเกิดการปรับปรุงระบบลำเลียงให้มีประสิทธิภาพหรือเหมาะสมกับสภาวะที่เผชิญอยู่ ด้วยการพัฒนาให้มีขนาดของมัดท่อลำเลียงที่ใหญ่ขึ้น

ภาคตัดขวางของแผ่นใบเผยให้เห็นความหนาของแผ่นใบในพืชไม่ทราบชนิดนั้น มีความสัมพันธ์กับความสูงของเซลล์ผิวใบและเนื้อเยื่อชั้นพาลิเสด มีไซฟิลล์ ซึ่งมากกว่าในตัวอย่างใบของทางไหลขน ทว่า ความสูงของเนื้อเยื่อชั้นสpongiform มีไซฟิลล์ในใบของทางไหลขนที่วัดได้มีค่าสูงกว่า ลักษณะต่าง ๆ เป็นเช่นนี้ ส่วนหนึ่งเป็นเพราะพืชทั้งสองชนิดเจริญในแหล่งที่อยู่ต่างกัน ด้วยเนื้อเยื่อชั้นพาลิเสดมีไซฟิลล์เป็นบริเวณหลักของการเกิดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและเป็นชั้นของเซลล์กลุ่มแรกต่อจากเซลล์ผิวใบที่จะรับแสงโดยตรง ทว่าไปแล้วพืชที่เติบโตในที่ที่มีแสงแดดส่องถึงอาจสร้างชั้นของเซลล์ที่หนาขึ้น ไม่เพียงแต่เพื่อเพิ่มความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสงเท่านั้น แต่ยังเป็นการป้องกันความเสียหายของเนื้อเยื่อใบที่มีตำแหน่งลึกลงไปจากการทำลายของอนุภาคแสงอีกด้วย (Hanson et al., 1917; Lee & Gates, 1964; Wilson & Cooper, 1969, 1970; Smith et al., 1997; Mendes et al., 2001; Niinemets, 2001; Wang et al., 2002; Kozuka et al., 2011; Terashima et al., 2011; Ho et al., 2016; Gotoh et al., 2018) ในทางกลับกัน พืชที่ชอบหรือเจริญในพื้นที่ที่มีร่มเงาและความชื้นสูงตลอดทั้งปีอย่างทางไหลขน จะพัฒนาส่วนของเนื้อเยื่อชั้นสpongiform มีไซฟิลล์มากขึ้น ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเซลล์มากขึ้น ความสามารถในการแลกเปลี่ยนก๊าซจึงเพิ่มขึ้นด้วย เช่นที่พบได้บ่อยในพืชน้ำ

ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับเพศและการสืบพันธุ์

ช่อดอกและดอกที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นตัวอย่างต้นแบบ (type specimens) ที่ได้จากพื้นที่หน่วยพิทักษ์ป่าผาดำ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนาซาข้าง จังหวัดสงขลาเท่านั้น เป็นช่อดอกที่มีการสร้างขึ้นเพียงต้นเดียวในประชากรและครั้งเดียวตลอดระยะเวลาการศึกษา ไม่มีการสร้างใหม่อีกเลย หลังจากนั้น ผลการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างพืชไม่ทราบชนิดนี้มีช่อดอกแบบมีแขนงข้างเทียม (ภาพที่ 36) ซึ่งเป็นรูปแบบของช่อดอกที่สามารถพบได้ส่วนใหญ่ในพืชสกุลทางไหล ซึ่งช่อดอกดังกล่าวจะมีการลดรูปของแขนงข้างลงจนกลายเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นแขนงสั้น ๆ และเป็นตำแหน่งเกิดของดอกเรียกว่าแขนงข้างเทียมหรือกิ่งงั้น มีรูปร่างต่างกันไปตั้งแต่เป็นตุ่มก้อน (wart-like หรือ knob-like) ทรงกระบอก (cylindrical) จนถึงมีลักษณะยืดยาวออก (elongated) โดยมีตำแหน่งการเกิดของดอกบนแขนงข้างเทียมที่ไม่จำเพาะ คือเกิดกระจายไปทั่วความยาวของกิ่งงั้น ยกเว้นชนิดที่เคยได้รับการจัดให้อยู่ในสกุล *Paraderris* มาก่อน เช่น ทางไหลแดง (*D. elliptica*), ทางไหลขาวแดนใต้ (*D. montana*) และทางไหลขาวเมืองเหนือ (*D. cuneifolia*) ที่จะมีดอกเกิดในบริเวณปลายสุดของกิ่งงั้น (Sirichamorn et al., 2012a) โดยในตัวอย่างพืชไม่ทราบ

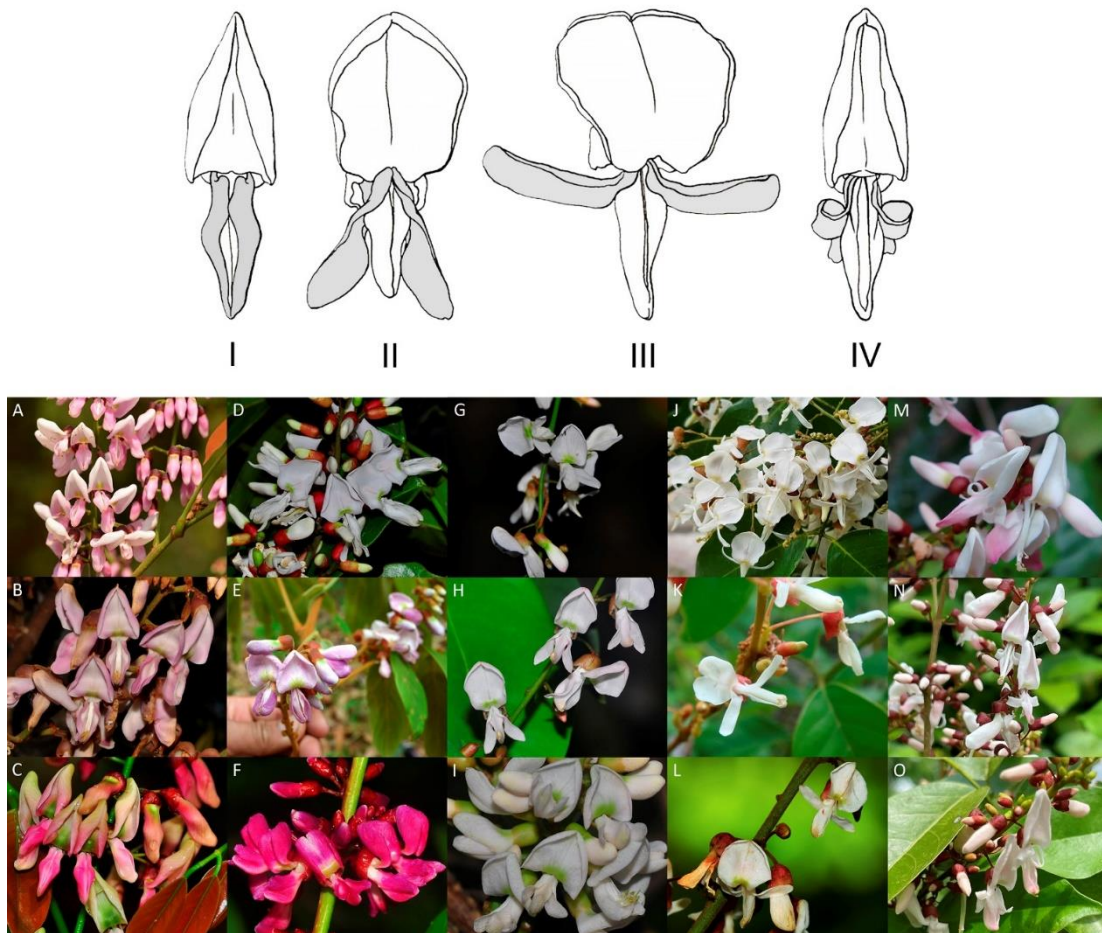
ชนิดที่ศึกษานี้ มีกิ่งงันหลายรูปร่างและดอกเกิดกระจายทั่วไปตลอดความยาวของกิ่งงัน โดยชนิดนี้มีจำนวนดอกที่เกิดขึ้นต่อกิ่งงันจำนวนมาก (2–8 ดอก) ซึ่งจัดว่าเป็นจำนวนที่มากเมื่อเทียบกับชนิดอื่นในสกุลหางไหลโดยทั่วไปที่มักมีจำนวนดอกต่อกิ่งงันไม่เกิน 5 ดอก จำนวนดอกต่อกิ่งงันที่มีมากเช่นนี้ คล้ายกับที่พบในหางไหลขน (*D. pubipetala*) ที่เจริญเติบโตและมีเขตการกระจายพันธุ์ใกล้เคียงกันบนพื้นที่ผืนป่าภาคใต้ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีฝนตกชุกตลอดทั้งปีและมักมีผลต่อการหลุดร่วงของดอกพืชในสกุลหางไหลที่ค่อนข้างมีขนาดเล็กและมีลักษณะที่บอบบาง การเพิ่มจำนวนดอกให้มามากยิ่งขึ้นในแขนงเทียม จึงอาจเป็นการปรับตัวเพื่อเพิ่มความสำเร็จหรือโอกาสที่จะพัฒนาต่อไปเป็นฝักและเมล็ด โดยเฉพาะสำหรับพืชไม้ทรายเป็นชนิดนี้ที่พบว่าไม่ค่อยมีการผลิตช่อดอกทุกปีย่อย่างพืชสกุลหางไหลชนิดอื่น ๆ



ภาพที่ 36 สัณฐานวิทยาของช่อดอกที่พบในพืชสกุลหางไหล; ช่อดอกแบบแตกแขนงธรรมดา (ไม่มีกิ่งงัน) (A) ช่อดอกแบบกิ่งกลาง (intermediate) ส่วนฐานเป็นช่อแบบแยกแขนง ส่วนปลายแขนงลดรูปเป็นกิ่งงัน (B) ช่อดอกแบบกิ่งกลาง ส่วนฐานมีกิ่งงันแต่ส่วนปลายไม่มีกิ่งงัน (C) ช่อดอกแบบมีแขนงข้างเทียม ที่ดอกเกิดกระจายทั่วกิ่งงัน (D) ช่อดอกแบบแขนงข้างเทียมที่ดอกเกิดกระจุกที่ส่วนปลายกิ่งงัน (E) ช่อดอกแบบแยกแขนงที่ทุกแขนงประกอบไปด้วยกิ่งงันทั้งหมด (F)

(ดัดแปลงจาก Sirichamorn et al., 2012a)

เมื่อพิจารณารายละเอียดลักษณะปลีกย่อยของดอก ทั้งสีดอก รูปร่างของกลีบกลาง กลีบคู่ข้าง หรือกลีบคู่ล่าง รวมถึงการปรากฏของรอยางค์ผิวบนกลีบดอกและรายละเอียดอื่น ๆ บนเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียเปรียบเทียบกับคำบรรยายลักษณะของพืชชนิดต่าง ๆ ในสกุลหางไหลตามที่มีการศึกษาไว้ก่อนหน้านี้ สีของกลีบเลี้ยงและกลีบดอกของพืชไม้ทรอบชนิดมีลักษณะเป็นสีชมพู ซึ่งสามารถพบลักษณะเช่นนี้ได้ในพืชสกุลหางไหลบางชนิด อาทิ ย่านสาวดำ (*D. amoena*), หางไหลแดง (*D. elliptica*), หางไหลขาวแดนใต้ (*D. montana*), หางไหลขาวเมืองเหนือ (*D. cuneifolia*) และหางไหลพม่า (*D. monticola*) ส่วนหางไหลชนิดอื่นที่เหลือมักมีกลีบดอกสีขาวหรือชมพูอ่อน พบอีกว่าลักษณะบนกลีบดอกทั้งกลีบกลาง กลีบคู่ข้าง และกลีบคู่ล่างมีขนปกคลุมส่วนบริเวณปลายกลีบ (ภาพที่ 16) คล้ายกับหางไหลขน (*D. pubipetala*) ซึ่งเป็นลักษณะที่พบเห็นได้ไม่บ่อยนักกับสมาชิกของสกุลหางไหลที่มักจะมีกลีบดอกที่เรียบเกลี้ยง ปราศจากขนปกคลุม อีกทั้ง กลีบคู่ข้างของพืชไม้ทรอบชนิดนี้มีลักษณะที่เหยียดตรง ไม่ม้วนหรือโค้งงอไปด้านหลัง ดังที่ปรากฏในพืชสกุลหางไหลหลายชนิดอีกด้วย (ภาพที่ 37) ทั้งนี้ การศึกษาสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ยังเปิดเผยให้เห็นถึงลักษณะจำเพาะและมีเอกลักษณ์ที่มีความน่าสนใจเพิ่มเติมอีก เช่น ขนบนส่วนก้านชูของอับเรณู (บนส่วน free-part) และที่ส่วนฐานของอับเรณู (ภาพที่ 15 และ 16) เป็นลักษณะเด่นอีกประการหนึ่งของพืชไม้ทรอบชนิดนี้ ซึ่งไม่มีรายงานพบในชนิดใดของสกุลหางไหล (ที่มีก้านชูอับเรณูและส่วนฐานของอับเรณูที่เรียบเกลี้ยง) ส่วนจานฐานดอกของพืชชนิดนี้ก็มีความโดดเด่นเช่นกัน ในพืชสกุลหางไหลส่วนใหญ่จะไม่มีจานฐานดอกที่ชัดเจนหรือมีรูปร่างเป็นวงแหวน (annular) แต่ในตัวอย่างพืชชนิดนี้ แสดงลักษณะของจานฐานดอกที่มีลักษณะเป็นหยักๆ ดังนั้น เมื่อพิจารณาลักษณะทางสัณฐานวิทยาในภาพรวมพบว่าพืชไม้ทรอบชนิดนี้ มีความใกล้เคียงกับหางไหลขน (*D. pubipetala*) มากที่สุด อีกทั้งยังเจริญเติบโตและกระจายพันธุ์อยู่ในเขตเดียวกันด้วย นั่นคือเขตภูมิศาสตร์พืชพรรณภาคใต้ (Peninsular) (Smitinand, 1989) (ภาพที่ 11) อย่างไรก็ตาม ตัวอย่างพืชไม้ทรอบชนิดดังกล่าวมีลักษณะหลายประการที่แตกต่างออกไป (ตารางที่ 5) เช่น จำนวนใบย่อยที่มีมากกว่า ความหนาแน่นของขนบนใบย่อยที่มีน้อยกว่า สีกลีบดอกเป็นสีชมพูในขณะที่หางไหลขนมีกลีบดอกสีขาว กลีบคู่ข้างที่เหยียดตรงไม่ม้วนหรือโค้งงอไปด้านหลัง ปลายก้านชูอับเรณูและฐานอับเรณูที่มีขน และจานฐานดอกที่มีลักษณะเป็นหยักๆ เป็นต้น



ภาพที่ 37 สันฐานวิทยาของดอกและรูปแบบของกลีบคู่ข้างที่พบในพืชสกุลหางไหล; กลีบคู่ข้างเหยียดตรงแนบตามแนวของกลีบคู่ล่าง (I, A-C) กลีบคู่ข้างค่อนข้างโค้ง ทำมุมน้อยกว่า 90 องศา (II, D-I) กลีบคู่ข้างโค้งไปข้างหลัง ทำมุม ≥ 90 และ ≤ 180 (III, J-L) กลีบคู่ข้างม้วนงอไปด้านหลัง (IV, M-O); *D. cuneifolia* (A) *D. elliptica* (B) *D. montana* (C) *D. pseudomarginata* (D) *D. taiwaniana* (E) *D. amoena* (F) *D. elegans* (G) *D. glabra* (H) *D. trifoliata* (I) *D. reticulata* (J) *D. ferruginea* (K) *D. pubipetala* (L) *D. tonkinensis* (M-O) ภาพโดย Punvarit Boonprajan (I-IV, K, N-O) Phattaravee Prommanut (A) Charan Leeratiwong (B, D, F-I, L) Yotsawate Sirichamorn (C, J, M) Sawai Mattapha (E)

กรณีการปรากฏของขนบนส่วนปลายก้านชูอับเรณูและฐานของอับเรณู เป็นลักษณะที่นอกจากจะไม่พบในตัวอย่างของหางไหลชนแล้ว ลักษณะนี้ยังไม่มีรายงานพบในพืชชนิดใดของสกุลหางไหลเลย แต่กลับปรากฏตรงกับคำอธิบายลักษณะของตัวอย่างพืชในสกุลกระพี้จั่นบางชนิด คือ *Millettia extensa* (Benth.) Benth. ex Baker และ *M. pinnata* (L.) Panigrahi (Mattapha, 2020; Sirichamorn, 2020) ซึ่งมีความห่างกันของตำแหน่งบนสายวิวัฒนาการกันพืชสกุลหางไหลพอสมควร แสดงให้เห็นว่าลักษณะของขนบนส่วนดังกล่าวนี้เป็นลักษณะแบบ homoplasy กล่าวคือ

เป็นผลจากวิวัฒนาการเข้าสู่จุดร่วมเดียวกัน อันมีสิ่งแวดล้อมหรือปัจจัยทางธรรมชาติใด ๆ เข้ามา มีอิทธิพลร่วม จนเกิดการปรับตัวด้านโครงสร้างจนมีลักษณะคล้ายกันหรือมีส่วนใดส่วนหนึ่งเหมือนกัน การมีอยู่ของขนบนส่วนปลายของก้านชูอับเรณูและกระจุกอยู่ที่ฐานของอับเรณูนี้ อาจเกี่ยวข้องกับชีววิทยาการถ่ายละอองเรณู (pollination biology) ของพืชชนิดนี้ก็เป็นได้ เนื่องจากตำแหน่งของขนที่ขึ้นสามารถเป็นบริเวณตกเกาะของละอองเรณูเมื่อได้รับการปลดปล่อยออกจากอับเรณู เพื่อส่งเสริมการถ่ายละอองเรณูไปยังพาหะ ซึ่งอาจเป็นการนำเสนอละอองเรณูแบบขั้นทุติยภูมิ (secondary pollen presentation) รูปแบบหนึ่ง (Howell et al., 1993; Barman et al., 2020) ดังนั้น บทบาทที่แท้จริงของส่วนดังกล่าวนี้จำเป็นต้องได้รับการศึกษาเพิ่มเติม แต่ด้วยข้อจำกัดของพืชชนิดนี้คือไม่ค่อยประสบความสำเร็จเรื่องการติดดอกนักดังที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้น คือมีการออกดอกครั้งล่าสุดเมื่อปี 2562 และไม่เคยออกดอกอีกเลย กระทั่งปี 2565 ที่ผ่านมา ต้นตัวอย่างต้นแบบที่เคยออกดอกถูกแผ้วถางปรับหน้าดินไปเพื่อจัดตั้งระบบโซลาร์เซลล์ให้สามารถรองรับการท่องเที่ยวและอาคารใหม่ของหน่วยพิทักษ์ป่าผาดำ แม้ยังคงมีต้นอื่นในประชากรเดียวกันหรือประชากรอื่นเหลืออยู่ก็ตาม แต่ล้วนไม่เคยปรากฏการออกดอกเลย เช่นเดียวกับตัวอย่างของประชากรในบริเวณทางเข้าน้ำตกโตนปลิวซึ่งปัจจุบันโดนแผ้วถางพื้นที่ไปเพื่อการท่องเที่ยวแต่ยังคงเหลือต้นเจริญอยู่บ้างเล็กน้อย หรือแม้แต่ประชากรในบริเวณน้ำตกกรุงชิงซึ่งอยู่ในเขตปกป้องและไม่ได้รับการรบกวนใด ๆ ก็ยังไม่เคยออกดอกเช่นกัน ซึ่งแตกต่างกับพืชชนิดอื่น ๆ ภายในสกุลทางไหลที่ออกดอกทุกปี ด้วยข้อจำกัดนี้ เป็นผลให้การศึกษาสวนสืบพันธุ์เป็นไปได้ยากมากขึ้นด้วย

แม้ฝักจะเป็นลักษณะที่สำคัญประการหนึ่งสำหรับการระบุชนิดของพืชสกุลทางไหล เช่น จำนวนของครีบบนสันของฝักหรือความหนาแน่นของขนที่ปกคลุมฝัก สมาชิกในสกุลทางไหลส่วนใหญ่มีครีบบนขอบฝักสองด้าน เช่น ทางไหลขน ซึ่งฝักของทางไหลขนเป็นฝักแบบที่มีครีบทั้ง 2 ด้านของฝักอย่างชัดเจนและมีขนสั้นแน่นละเอียดสีน้ำตาลทองปกคลุมบนผิวฝัก (Sirichamorn et al., 2020) เมื่อปี 2562 พืชไม่ทราบชนิดในการศึกษานี้ออกช่อดอกจำนวน 4 ช่อ ในจำนวนดังกล่าวผู้ศึกษาเก็บ 2 ช่อสำหรับทำเป็นตัวอย่างต้นแบบ (holo- และ isotype) และเหลืออีก 2 ช่อไว้เพื่อรอติดผลให้สามารถเก็บและเขียนคำบรรยายลักษณะของส่วนนี้เพิ่มเติมให้สมบูรณ์ได้ เป็นเรื่องน่าเสียดายที่ช่อดอกทั้งสองช่อไม่ประสบความสำเร็จในการติดฝัก ผู้วิจัยจึงยังไม่สามารถเก็บตัวอย่างตามที่วางแผนไว้ได้จนถึงขณะนี้ ทำให้ยังคงขาดข้อมูลในส่วนดังกล่าว ทว่า หากสันนิษฐานรูปแบบครีบฝักของพืชชนิดนี้จากตำแหน่งบนสายวิวัฒนาการ เป็นไปได้ว่าพืชสกุลทางไหลไม่ทราบชนิดนี้จะมีครีบบนขอบทั้งสองด้านของฝักอย่างที่ปรากฏในทางไหลขนและพืชชนิดอื่น ๆ ที่อยู่ในวงศ์วานเดียวกันของสกุลทางไหล

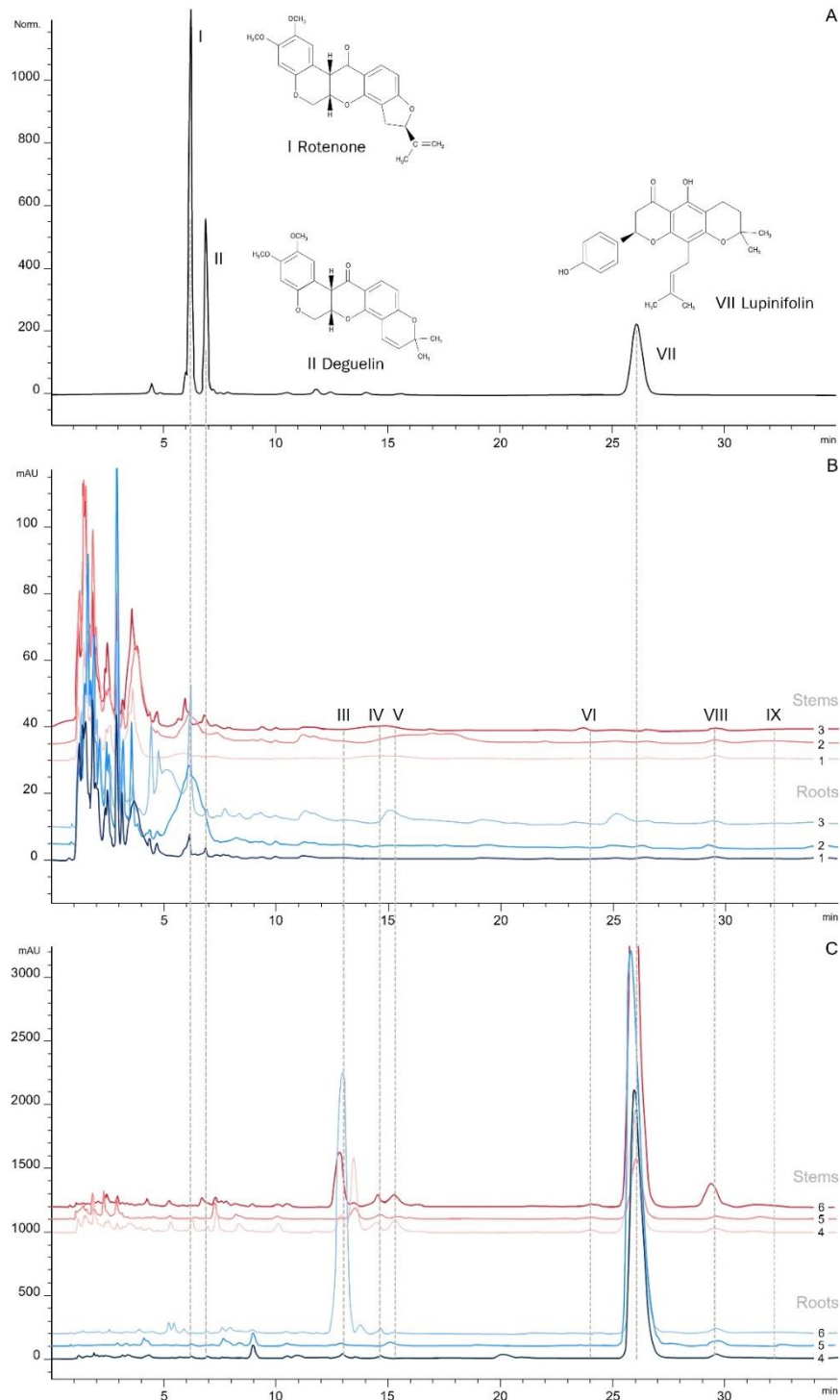
การศึกษาสารพฤกษเคมี

การวิเคราะห์สารพฤกษเคมีของพืชในสกุลทางไหลจากพื้นที่ภูมิภาคใต้ที่ภูมิศาสตร์พืชพรรณภาคใต้ในการศึกษานี้ นับเป็นรายงานฉบับแรกที่เกี่ยวข้องกับลายพิมพ์สารพฤกษเคมีในรูปแบบโครมาโทแกรม HPLC ในทางพฤกษอนุกรมวิธาน แม้ในอดีตบทความส่วนใหญ่กล่าวถึงการใช้ลายพิมพ์ดังกล่าวเพื่อวัตถุประสงค์ทางเภสัชกรรมในแง่การควบคุมคุณภาพยาหรือในทางเคมีอนุกรมวิธานบ้างทั้งในพืชวงศ์ถั่ว (Xie et al., 2014; da Costa et al., 2016; Orak et al., 2016; Stefanucci et al., 2022)

หรือสมาชิกในสกุลทางไหลเอง (Mamoon & Azam, 2012; Vittaya et al., 2014; Chen et al., 2015; Saraf & Shinde, 2016; Saraf & Shinde, 2018)

โครมาโทแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์สารประกอบทางเคมีในพืชด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูงปรากฏยอดกราฟในตัวอย่างพืชชนิดเดียวกันมีความแปรผันต่ำและมีความเป็นเอกลักษณ์ของชนิดสูง จึงสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการแยกความแตกต่างระหว่างชนิดพืชได้ กล่าวคือ ตัวอย่างรากและลำต้นของพืชไม้ทรอปิคอลชนิดไม่ปรากฏยอดกราฟที่เวลามากกว่า 10 นาที ในทุกตัวอย่างจากทุกประชากร ในขณะที่ตัวอย่างรากและลำต้นของทางไหลชนิดนั้น ปรากฏยอดกราฟเพิ่มเติมจำนวนมากในช่วงเวลาที่มากกว่า 10 นาที จนถึงนาทีที่ 35 (เวลาสุดท้าย) ซึ่งเป็นเช่นนี้ในทุกตัวอย่างจากทุกประชากรเช่นกัน ความผันแปรขององค์ประกอบทางเคมีภายในตัวอย่างจากประชากรเดียวกันเป็นเรื่องที่สามารถเกิดขึ้นได้กับพืชชนิดเดียวกันจำนวนไม่น้อย (Chen et al. 2015; Saraf & Shinde 2016; Saraf & Shinde 2018) ด้วยการสร้างและสะสมสารพิษเคมีนั้นไม่ได้ขึ้นกับชนิดของพืชเท่านั้น แต่หมายรวมถึงปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมด้วย (Qaderi et al., 2023) การศึกษานี้ของผู้วิจัยจึงเลือกเก็บตัวอย่างรากและลำต้นที่มีอายุและขนาดใกล้เคียงกัน รวมถึงเลือกเก็บในช่วงฤดูเดียวกันด้วยคือฤดูฝน อย่างไรก็ตาม ปัจจัยแวดล้อมบางอย่างเช่นรูปแบบของดิน ชนิดและปริมาณธาตุอาหาร ปริมาณน้ำฝน ปริมาณแสง อุณหภูมิ โรคหรือจุลินทรีย์ ล้วนไม่สามารถควบคุมได้ในพื้นที่ธรรมชาติ ความแตกต่างเหล่านี้ที่เกิดขึ้นเป็นผลให้เกิดความแปรผันของลายพิมพ์สารพิษเคมีระหว่างประชากรของพืชชนิดเดียวกันได้ แต่ด้วยการศึกษครั้งนี้ผู้วิจัยพบถึงความคล้ายคลึงของลายพิมพ์สารเคมีในพืชชนิดเดียวกันและมีความคงที่ของการปรากฏยอดกราฟที่สูง จึงถือว่าเป็นความผันแปรที่ยอมรับได้

การค้นหาลายพิมพ์ของสารพิษเคมีของพืชไม้ทรอปิคอลเพื่อใช้ระบุและแยกชนิดในครั้งนี้ จึงได้มาซึ่งลักษณะของการไม่ปรากฏยอดกราฟที่เวลามากกว่า 10 นาที นับเป็นอีกหลักฐานหนึ่งที่ใช้ยืนยันสถานะความเป็นชนิดใหม่ของพืชไม้ทรอปิคอลในการศึกษานี้ได้ ส่วนในทางไหลชนิดนั้นพบถึงเครื่องหมายทางเคมีที่มีประสิทธิภาพสามารถใช้ระบุหรือแยกชนิดของทางไหลชนิดได้คือเครื่องหมายสารเคมีไม้ทรอปิคอลหมายเลข UK1–UK6 (ภาพที่ 36; ยอดกราฟที่ III–VI และ VIII–IX) ด้วยลักษณะของยอดกราฟที่มีความสมมาตร ไม่ขึ้นรวมหรือซ้อนเกย และแยกจากกันชัดเจน นอกจากนี้แล้วจะเห็นได้ว่าตัวอย่างพืชทั้งสองชนิดในการศึกษานี้ ส่วนของรากและลำต้นมีแนวโน้มในการสร้างสารพิษเคมีไปในทิศทางเดียวกัน เพียงต่างในเรื่องของปริมาณสารในแต่ละชนิด แนวโน้มของการสร้างสารพิษเคมีในตัวอย่างพืชไม้ทรอปิคอลส่วนของลำต้นมีแนวโน้มมากกว่าในราก ในทางกลับกัน รากในตัวอย่างของทางไหลชนิดนี้มีแนวโน้มของการสร้างและสะสมสารพิษเคมีมากกว่าในลำต้น ดังนั้น ในแง่ของการใช้ประโยชน์ในอนาคตของพืชชนิดดังกล่าวจึงสามารถช่วยให้เลือกใช้ส่วนที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ได้มากขึ้น



ภาพที่ 38 โครมาโทแกรมจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC; สารมาตรฐานผสม (A) สารสกัดจากรากและลำต้นของพืชไม้พาราบชนิด (B) สารสกัดจากรากและลำต้นของหางไหลชนิด (C); แหล่งเก็บที่ 1-6 ดังตารางที่ 2; (I) RT, 6.1 min; (II) DG, 6.7 min; (III) UK1, 13.3 min; (IV) UK2, 14.4 min; (V) UK3, 15.3 min; (VI) UK4, 24.0 min; (VII) LP, 26.1 min; (VIII) UK5, 29.5 min; (IX) UK6, 32.2 min; RT, rotenone; DG, deguelin; LP, lupinifolin; UK, unknown.

การศึกษาสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ

แผนภูมิรูปต้นไม้จากวิธีวิเคราะห์สายวิวัฒนาการแบบ MP (ภาพที่ 30) แสดงให้เห็นว่าตำแหน่งทางสายวิวัฒนาการของตัวอย่างพืชไม้ทรอปซิดจากพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยทั้ง 3 ตัวอย่างรวมอยู่ในวงศ์วานเดียวกัน ต่างจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์แบบ ML และแบบ BI พบว่าตัวอย่างจากจังหวัดนครศรีธรรมราช (บริเวณน้ำตกกรุงชิง; *Derris* sp. NN) มีตำแหน่งแยกออกจากวงศ์วานของสองตัวอย่างของพื้นที่จังหวัดสงขลา (หน่วยพิทักษ์ป่าผาดำ; *Derris* sp. SS และทางเข้าน้ำตกโตนปลิว; *Derris* sp. RS) ทั้งนี้ จะสังเกตเห็นว่า cladogram ที่ได้จากวิธีวิเคราะห์แบบ MP นั้นปรากฏลักษณะ polytomy ขึ้น ในขณะที่วิธี ML และ BI เกิดน้อยกว่า แสดงให้เห็นว่าวิธีวิเคราะห์แบบ MP และวิธีวิเคราะห์แบบอาศัยแบบจำลองทางวิวัฒนาการอย่าง ML และ BI ที่เลือกใช้ในการศึกษาครั้งนี้ขึ้น ส่งผลให้ผลการวิเคราะห์สายวิวัฒนาการที่แตกต่างกัน โดยวิธีวิเคราะห์สายวิวัฒนาการแบบสองวิธีหลังให้ความชัดเจนในตำแหน่งต่าง ๆ ของตัวอย่างพืชบนสายวิวัฒนาการที่ชัดเจนมากกว่า จึงแสดงความสัมพันธ์ในเชิงวิวัฒนาการของพืชชนิดต่าง ๆ จากหลากหลายสกุลในการวิเคราะห์ได้ รวมถึงความสัมพันธ์ของตัวอย่างพืชไม้ทรอปซิดกับชนิดอื่น ๆ ภายในสกุลหางไหลได้ดีกว่าด้วย

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างจากทั้ง 3 แหล่งเก็บ โดยอ้างอิงจากผลวิเคราะห์ในภาพที่ 33 พบว่าสามารถแยกออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มตัวอย่างที่มีเขตการกระจายพันธุ์ในพื้นที่จังหวัดสงขลา (ตัวอย่างจากหน่วยพิทักษ์ป่าผาดำและตัวอย่างจากทางเข้าน้ำตกโตนปลิว) และตัวอย่างที่มีเขตการกระจายพันธุ์ในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช (ตัวอย่างจากพื้นที่น้ำตกกรุงชิง) ทำให้เกิดข้อสันนิษฐานว่าตัวอย่างพืชไม้ทรอปซิดที่นำมาศึกษาอาจมีมากกว่าหนึ่งชนิด หรือมีลักษณะเป็นชนิดเชิงซ้อน (species complex) โดยตัวอย่างพืชทั้งสองกลุ่มดังกล่าวมีตำแหน่งบนสายวิวัฒนาการอันมีบรรพบุรุษร่วมกับพืชหลายชนิดด้วยเช่นกัน ได้แก่ อ้อยสามสวน (*D. reticulata*), ไหลทองแดง (*D. ferruginea*), หางไหลขน (*D. pubipetala*), หางไหลใบเกลี้ยง (*D. glabra*), อดเลือด (*D. elegans*), *D. spanogheana*, หางไหลเมืองลาว (*D. laotica*) และถอบแถบน้ำ (*D. trifoliata*) ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกับผลการศึกษาฐานวิธานวิทยาโดยละเอียดในส่วนของใบ ที่แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างที่เก็บจากพื้นที่น้ำตกกรุงชิง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีความแตกต่างเล็กน้อยกับตัวอย่างต้นแบบที่มาจากสงขลา กล่าวคือ การมีสีแดงของเส้นกลางใบย่อยไม่ปรากฏชัดเจนนัก เป็นประเด็นที่น่าสนใจว่าตัวอย่างพืชทั้งสองกลุ่มที่มีตำแหน่งแยกจากกันบนสายวิวัฒนาการต่างมีแนวโน้มจะเป็นชนิดใหม่ได้อีกด้วย ทว่า ด้วยการศึกษาที่มีเพียงตัวอย่างจากหน่วยพิทักษ์ป่าผาดำเพียงประชากรเดียวเท่านั้นที่มีโครงสร้างของการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ซึ่งนับเป็นส่วนสำคัญในการระบุชนิดของพืชในสกุลหางไหล เนื่องจากสมาชิกหลายชนิดของพืชสกุลนี้มีลักษณะสัณฐานวิทยาของใบที่มีความแปรผันสูงมาก การตัดสินเรื่องชนิดโดยใช้ข้อมูลของส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ร่วมด้วยจึงมีความสำคัญมาก ดังนั้น หากได้รับตัวอย่างของส่วนดังกล่าวจากประชากรในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราชเพิ่มเติมในภายหลัง จะสามารถให้ความกระจ่างในข้อสงสัยต่าง ๆ ได้มากขึ้น ปัญหาการระบุชนิดของพืชในสกุลหางไหลเกิดบ่อยครั้งสืบเนื่องจากการขาดส่วนสืบพันธุ์คือดอกและฝัก ส่งผลให้ไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างชนิดด้วยการพิจารณาเพียงส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกันได้

เช่น ในทางไหลขาวเมืองเหนือ (*D. cuneifolia*) และทางไหลขาวแดนใต้ (*D. montana*) เนื่องจากทั้งสองชนิดมีความคล้ายคลึงกันมาก สามารถแยกได้ออกจากกันได้ด้วยส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์และเขตการกระจายพันธุ์เท่านั้น การเป็นชนิดเดียวกันแบบชนิดเชิงซ้อนหรือ species complex ในสกุลทางไหลนี้ Sirichamorn et al. (2012b) ได้พบสภาวะดังกล่าวในทางไหลแดง (*D. elliptica*) ชนิดที่เป็นที่รู้จักและได้รับความนิยมในเชิงพาณิชย์ ด้วยพืชชนิดนี้สามารถเกิดการผสมข้ามชนิดได้กับทางไหลขาวแดนใต้ จึงอาจเป็นส่วนหนึ่งในที่มาของการที่บางตัวอย่างของพืชในสกุลนี้มีความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการแบบที่ไม่เป็นวงศ์วานวิวัฒนาการเดี่ยวขึ้นได้ (Toxopeus 1952a, 1952b; Sirichamorn et al. 2012b) ดังนั้น ด้วยข้อมูลที่มี ณ เวลาปัจจุบัน ผู้ศึกษาจึงให้สถานะกับพืชไม่ทราบชนิดจากพื้นที่จังหวัดสงขลา (*Derris* sp. SS และ *Derris* sp. RS) เป็นพืชชนิดใหม่ และคงความไม่ทราบสถานภาพไว้กับตัวอย่างจากพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช (*Derris* sp. NN) ดังเดิมไปก่อน จนกว่าจะมีข้อมูลทางสัณฐานวิทยาของส่วนสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศเพิ่มขึ้นในอนาคต



สรุปผลการศึกษา

การศึกษาสัณฐานวิทยา สारพฤษเคมี และสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการเชิงอนุชีวิวิทยาของพืชไม่ทราบชนิดตามทีพบในพื้นที่ทางภาคใต้ของประเทศไทยซึ่งคาดว่าเป็นส่วนหนึ่งในสกุลทางไหลนั้น ข้อมูลสัณฐานวิทยาและกายวิภาคของใบ ปลายพิมพ์สารพฤษเคมี และตำแหน่งบนสายวิวัฒนาการที่เกิดจากข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ 3 บริเวณ ได้พิสูจน์ให้เห็นว่าพืชไม่ทราบชนิดดังกล่าวเป็นพืชในสกุลทางไหลจริง สามารถแยกตัวอย่างที่ศึกษาได้ออกเป็น 2 วงศ์วาน ได้แก่ วงศ์วานอันประกอบด้วยตัวอย่างจากจังหวัดสงขลาจำนวน 2 ประชากร และจากจังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 1 ประชากร แม้ที่ผ่านมาเข้าใจว่าเป็นตัวอย่างพืชชนิดเดียวกันจากความคล้ายคลึงของลักษณะต่าง ๆ ที่ได้จากการประเมินในเบื้องต้น แต่เมื่อศึกษาโดยละเอียดพบว่ามึลักษณะบางอย่างสามารถใช้บอกความแตกต่างระหว่างสองกลุ่มตัวอย่างได้ เช่น ลักษณะการคงอยู่ของรงควัตถุสีแดงบนเส้นกลางใบย่อยที่พบในกลุ่มตัวอย่างจากจังหวัดสงขลา ทว่า พบได้น้อยกว่าหรือไม่พบในตัวอย่างจากจังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อเปรียบเทียบกับชนิดที่มีความใกล้เคียงทางสัณฐานวิทยามากที่สุดและกระจายพันธุ์ในพื้นที่เดียวกันคือทางไหลชน พบว่าพืชไม่ทราบชนิดมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาอันโดดเด่น ได้แก่ จำนวนใบย่อยของพืชไม่ทราบชนิดที่มีมากกว่า เส้นกลางใบย่อยที่เจริญเต็มที่แล้วยังคงมีสีแดง ความหนาแน่นของรยางค์ผิวบนใบย่อยที่มีน้อยกว่า และยังพบรยางค์ผิวชนิดขนต่อมบนผิวของเส้นกลางใบ ขนาดของปากใบที่ใหญ่กว่า สีดอกที่แตกต่าง กลีบคู่ข้างที่มีลักษณะเหยียดตรง ปลายก้านชูอับเรณูและฐานอับเรณูที่มีขน หรือจานฐานดอกมีลักษณะเป็นหยักพู รวมถึงการมีลายพิมพ์ของสารพฤษเคมีในตัวอย่างรากและลำต้นที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนจากทางไหลชน จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น การศึกษาครั้งนี้จึงสามารถยืนยันสถานภาพทางอนุกรมวิธานด้วยหลักฐานทางสัณฐานวิทยา สารพฤษเคมี และสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการเชิงชีวิโมเลกุลของพืชไม่ทราบชนิดจากพื้นที่จังหวัดสงขลาว่าเป็นพืชชนิดใหม่ในสกุลทางไหลตามสมมติฐาน และได้ให้ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Derris rubricasta* Boonprajan & Sirich. โดยมีลักษณะของการสะสมสารสีแดงบนส่วนของเส้นกลางใบของใบย่อยเป็นที่มาของคำระบุชนิดคือ “*rubricosta*” และให้ชื่อไทยว่า เครือไหลสีรติวงศ์ เพื่อเป็นเกียรติแก่รองศาสตราจารย์ ดร.จรัล สีรติวงศ์ อาจารย์ประจำสาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ผู้พบตัวอย่างดอกของพืชชนิดนี้เป็นคนแรก และคงความไม่ทราบสถานภาพไว้กับตัวอย่างจากพื้นที่น้ำตกกรุงชิง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปเมื่อได้รับตัวอย่างที่มีโครงสร้างสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศอันได้แก่ ช่อดอก ดอก และฝัก ในภายหลัง

การค้นพบพืชชนิดใหม่นับเป็นภาพสะท้อนความหลากหลายทางชีวภาพของผืนป่ารูปแบบหนึ่ง การศึกษาและรายงานถึงพืชชนิดใหม่นี้ ไม่เพียงแต่เพื่อตอบสนองความอยากรู้อยากเห็นของนักวิทยาศาสตร์เพียงเท่านั้น ทว่า ล้วนมีความสำคัญในหลายแง่มุม ทั้งต่อการทำความเข้าใจความหลากหลายทางชีวภาพ การส่งเสริมและพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเป็นส่วนสร้างแรงบันดาลใจให้กับทุกคนได้ด้วยการเน้นย้ำถึงความหลากหลายที่น่าทึ่งของพืชพรรณ สร้างความตระหนักถึงคุณค่า และสำนึกรับผิดชอบในการอนุรักษ์ ปกป้อง หวงแหน และใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนสืบต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. การคงอยู่ของสารสีแดงและการปรากฏของรอยางค์ผิวแบบขนต่อมบนเส้นกลางใบนั้น หากมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงประโยชน์และความสัมพันธ์ของส่วนดังกล่าวขึ้น อาจได้มาซึ่งข้อมูลหรือคำตอบเกี่ยวกับการส่งเสริม ป้องกัน หรือแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับระบบลำเลียงหรือประเด็นอื่น ๆ ในทางสรีระวิทยาของพืชชนิดนี้ได้
2. การศึกษาสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ด้วยเทคนิค SEM ในการศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นถึงลักษณะที่มีขนาดเล็กเพิ่มเติมจากการศึกษาก่อนหน้าที่รายงานจากชิ้นเนื้อเยื่อที่เตรียมด้วยเทคนิคการชุบผิวใบและตัดแผ่นใบด้วยเทคนิค free-hand section (ในทางไหลขน) หากทำการศึกษาสัณฐานวิทยาของผิวใบพืชด้วยเทคนิค SEM เช่น ในการศึกษาเนื้อเยื่อหรือกายวิภาคใบด้วยเทคนิคพาราฟิน (paraffin method) อาจทำให้เห็นลักษณะเพิ่มเติมอันเป็นประโยชน์ต่อระบบการจัดจำแนกพืชในสกุลทางไหลก็เป็นได้
3. ลักษณะของกลีบคู่ข้างของพืชทั้งสองชนิดที่อธิบายไว้ในการศึกษาครั้งนี้แสดงความแตกต่างอย่างชัดเจน หากมีการศึกษาความสัมพันธ์ของรูปแบบของกลีบคู่ข้างกับสัตว์ที่เป็นพาหะถ่ายละอองเรณูขึ้นในพืชทั้งสองชนิดและชนิดอื่น ๆ ภายในสกุลเดียวกัน อาจทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ที่เป็นประเด็นที่น่าสนใจเพิ่มเติมขึ้นได้
4. พืชชนิดนี้ประสบความสำเร็จในการออกดอกและติดฝักดำนาก การศึกษาชีววิทยาการถ่ายละอองเรณูและชีววิทยาการผสมพันธุ์ของพืชชนิดนี้เมื่อออกดอกอีกครั้ง อาจทำให้ทราบถึงสาเหตุของปัญหาดังกล่าวได้ รวมถึงอาจได้มาซึ่งข้อมูลความสัมพันธ์และประโยชน์ที่เป็นไปได้ของการปรากฏขนที่กระจุกใต้อับเรณู
5. การสำรวจพื้นที่การกระจายพันธุ์ของพืชไม่ทราบชนิดเพิ่มเติม นับเป็นเรื่องที่ควรทำเพื่อให้สามารถประเมินสถานะทางการอนุรักษ์ได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด โดยหากพบการกระจายในพื้นที่อื่นด้วย จะสามารถลดความกังวลในความเสี่ยงที่พืชชนิดนี้จะเกิดการสูญพันธุ์ในอนาคต แต่หากไม่พบการกระจายเพิ่มเติมจากรายงานครั้งนี้ อาจทำให้เกิดความตระหนักที่จะอนุรักษ์พืชชนิดนี้ของคนในพื้นที่หรือคนทั่วไปเพิ่มจากเดิมได้
6. หากมีการใช้สถิติเข้ามาคำนวณเพิ่มเติมในการศึกษากายวิภาคใบ อาจทำให้เห็นข้อแตกต่างระหว่างตัวอย่างพืชที่ศึกษามากขึ้นได้ ในความเหมือนและความต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
7. การวิเคราะห์หลายพิมพ์สารพฤกษเคมีของการศึกษาครั้งนี้เสมือนเป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษาในพืชชนิดอื่นภายในสกุลรวมถึงสมาชิกของสกุลอื่น ๆ ภายในกลุ่มพืชคล้ายคลึงสกุลทางไหลด้วย หากมีการศึกษาเพิ่มเติมในพืชชนิดอื่นอาจได้มาซึ่งเครื่องหมายทางพฤกษเคมีสำหรับใช้ระบุชนิดและบอกถึงการเป็นสมาชิกในสกุลเดียวกันได้ อีกทั้งยังสามารถเป็นมาตรฐานสำหรับการพิสูจน์หรือระบุชนิดของตัวอย่างพืชสมุนไพรในสกุลทางไหล และต่อยอดไปสู่การค้นพบสารใหม่ ๆ ที่อาจมีศักยภาพในเชิงเภสัชวิทยาหรือเชิงพาณิชย์ได้อีกด้วย

8. ผลการวิเคราะห์สายวิวัฒนาการในการศึกษาครั้งนี้ บางส่วนปรากฏรูปแบบความสัมพันธ์ที่ทำให้ยากต่อการตีความถึงความสัมพันธ์ของตัวอย่างที่ศึกษา หากต้องการให้เกิดความชัดเจนในตำแหน่งต่าง ๆ บนสายวิวัฒนาการมากขึ้น อาจทำการเพิ่มข้อมูลด้วยเครื่องหมายโมเลกุลสำหรับการวิเคราะห์ได้ เช่น เครื่องหมายโมเลกุลชนิด *psbA-trnH* IGS ซึ่งเป็นอีกหนึ่งเครื่องหมายที่ Sirichamorn et al. (2012a) ใช้เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพืชกลุ่มคล้ายคลึงสกุลทางไหลแล้วประสบความสำเร็จ หรืออาจเลือกใช้เครื่องหมายโมเลกุล Angiosperm 353 สำหรับการทบทวนพืชในสกุลทางไหลขึ้นอีกครั้งในรอบ 12 ปี เพื่อให้ทราบถึงตำแหน่งต่าง ๆ บนสายวิวัฒนาการของสมาชิกในสกุลที่จะชัดเจนและใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น
9. ดังสรุปสถานภาพของตัวอย่างพืชไม้ทราบชนิดจากพื้นที่น้ำตกกรุงชิง จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้รับการคงไว้ซึ่งความไม่ทราบชนิดดั้งเดิมในการศึกษานี้ การเฝ้าคอยและติดตามการออกดอกเพื่อรวบรวมตัวอย่างสำหรับเขียนคำบรรยายเปรียบเทียบลักษณะ จะสามารถทำให้ระบุชนิดหรือสถานะทางอนุกรมวิธานของพืชชนิดนี้ชัดเจนมากขึ้นได้





ตารางที่ 7 ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์สายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ

Species	Voucher	GenBank accession No.			Source and Geographic regions
		<i>trnL-F</i> IGS	<i>trnK-matK</i>	ITS/5.8S	
<i>Aganope balansae</i> (Gagnep.) P.K.Lôc	Poilane 26751 (P)	JX506489	JX506601	JX506433	Vietnam, Tonkin
<i>Aganope heptaphylla</i> (L.) Polhill	Santisuk 688 (L)	JX506488	JX506600	JX506432	Thailand, Ranong
<i>Aganope stuhlmannii</i> (Taub.) Adema	Versteegh & al. 456 (L)	JX506491	JX506603	JX506435	Ivory Coast, Korhogo
<i>Aganope thyrsiflora</i> (Benth.) Polhill	Sirichamorn YSM 2009-22 (L)	JX506490	JX506602	JX506434	Thailand, Songkhla
<i>Brachypterum cumingii</i> (Benth.) Sirich. & Adema	Gaerlan & al. PPI 10368 (L)	JX506505	JX506618	JX506447	Philippines, Luzon
<i>Brachypterum eriocarpa</i> (F.C.How) Sirich. & Adema	Wang Hong 7673 (QBG)	JX506512	JX506625	JX506454	China, Yunnan
<i>Brachypterum involuta</i> (Sprague) Sirich. & Adema	Murray, Coveny & Bishop s.n., sheet no. NSW 409439 (L)	JX506509	JX506622	JX506451	Australia, North coast
<i>Brachypterum koolgibberah</i> (F.M.Bailey) Sirich. & Adema	Brass 8205 (L)	JX506511	JX506624	JX506453	Papua New Guinea, Sturt Island
<i>Brachypterum microphylla</i> (Miq.) Sirich. & Adema	Sirichamorn YSM 2009-16 (L)	JX506506	JX506619	JX506448	Thailand, Chumphon
<i>Brachypterum philippinensis</i> (Merr.) Sirich. & Adema	Elmer 14373 (L)	–	JX506627	JX506455	Philippines, Sorsogon
<i>Brachypterum pseudoinvoluta</i> (Verdc.) Sirich. & Adema	Streimann & Kairo NGF 27776 (L)	JX506510	JX506623	JX506452	Papua New Guinea, Morobe
<i>Brachypterum robusta</i> (Roxb. ex DC.) Sirich. & Adema	Sirichamorn YSM 2009-09 (L)	JX506504	JX506617	JX506446	Thailand, Lampang
<i>Brachypterum scandens</i> (Roxb.) Sirich. & Adema	Sirichamorn YSM 2009-01 (L)	JX506508	JX506621	JX506450	Thailand, Chon Buri
<i>Brachypterum submontana</i> (Verdc.) Sirich. & Adema	Takeuchi & al. 4349 (L)	JX506513	JX506626	–	Papua New Guinea, Morobe
<i>Brachypterum thorelii</i> (Gagnep.) Sirich. & Adema	Sirichamorn YSM 2009-03 (L)	JX506507	JX506620	JX506449	Thailand, Phrae
<i>Dalbergia lanceolaria</i> L.f.	Sirichamorn YSM 2009-02 (L)	JX506541	JX506655	JX506484	Thailand, Phrae
<i>Deguelia negrensis</i> (Benth.) Taub.	C. & F. Sastre 152 (L)	–	JX506607	JX506441	Brazil
<i>Deguelia scandens</i> Aubl.	Granville & al. 10075 (L)	JX506495	JX506608	JX506440	French Guiana, Haut- maroni
<i>Derris alborubra</i> Hemsl.	Sirichamorn YSM 2009-14 (L)	JX506524	JX506638	JX506466	Thailand, Nakhon Nayok
<i>Derris amoena</i> Benth.	Sirichamorn YSM 2009-20 (L)	JX506514	JX506628	JX506456	Thailand, Surat Thani

Species	Voucher	GenBank accession No.			Source and Geographic regions
		<i>trnL-F</i> IGS	<i>trnK-matK</i>	ITS/5.8S	
<i>Derris amoena</i> Benth.	Kerr 13700 (L)	JX506515	JX506629	JX506457	Thailand, Satun
<i>Derris amoena</i> Benth.	Maxwell 83-11 (L)	JX506516	JX506630	JX506458	Singapore
<i>Derris cuneifolia</i> Benth.	Lei 612 (L)	JX506535	JX506649	JX506478	China, Hainan
<i>Derris elegans</i> Graham ex Benth. var. <i>elegans</i>	K. & S. Larsen KL 32828 (L)	JX506527	JX506641	JX506469	Thailand, Narathiwat
<i>Derris elliptica</i> (Wall.) Benth.	Sirichamorn YSM 2012-01 (SLR)	JX506533	JX506647	JX506475	Thailand, Bangkok (cultivated)
<i>Derris elliptica</i> (Wall.) Benth.	Kostermans 260 (L)	JX506534	JX506648	JX506477	Thailand, Kanchanaburi
<i>Derris elliptica</i> (Wall.) Benth.	Kantchai 101 (L)	–	–	JX506476	Thailand, Kanchanaburi
<i>Derris elliptica</i> (Wall.) Benth.	Sirichamorn YSM 2009-19 (L)	JX506532	JX506646	JX506474	Thailand, Surat Thani
<i>Derris ferruginea</i> (Roxb.) Benth.	Sirichamorn YSM 2009-13 (L)	JX506519	JX506633	JX506461	Thailand, Udon Thani
<i>Derris glabra</i> Sirich.	Sirichamorn YSM 2009-23 (L)	JX506521	JX506635	JX506463	Thailand, Songkhla
<i>Derris laotica</i> Gagnep.	Magnen, Gourgand and Châtillon s.n. (P)	JX506531	JX506645	JX506473	Cambodia
<i>Derris laxiflora</i> Benth.	Hu 1081	–	AF142715	AF467046	Taiwan
<i>Derris lianoides</i> Elmer	Ridsdale SMHI 1863 (L)	JX506539	JX506653	JX506482	Philippines, Palawan
<i>Derris luzoniensis</i> (Adema) Sirich. & Adema	Ridsdale, Baquiran & al. ISU 564 (L)	JX506540	JX506654	JX506483	Philippines, Luzon
<i>Derris marginata</i> (Roxb.) Benth.	Pierre s.n. (L)	JX506529	JX506643	JX506471	India
<i>Derris montana</i> Benth.	Sirichamorn YSM 2009-21 (L)	JX506536	JX506650	JX506479	Thailand, Songkhla
<i>Derris monticola</i> (Kurz) Prain	Kerr 1731 (L)	JX506523	JX506637	JX506465	Thailand, Chiang Mai
<i>Derris oblongifolia</i> Merr.	Sulit PNH 21618 (L)	JX506538	JX506652	JX506481	Philippines, Biliran island
<i>Derris piscatoria</i> (Blanco) Sirich. & Adema	Sulit PNH 14411 (L)	JX506537	JX506651	JX506480	Philippines, Samar
<i>Derris pseudomarginata</i> Sirich.	Maxwell 76-31 (L)	JX506525	JX506639	JX506467	Thailand, Chon Buri
<i>Derris pubipetala</i> Miq.	Maxwell 85-370 (L)	JX506520	JX506634	JX506462	Thailand, Pattani
<i>Derris reticulata</i> Craib	Sirichamorn YSM 2009-18 (L)	JX506518	JX506632	JX506460	Thailand, Nakhon Ratchasima
<i>Derris rubrocalyx</i> Verdc.	Davis 567 (L)	JX506530	JX506644	JX506472	Indonesia, Irian Jaya

Species	Voucher	GenBank accession No.			Source and Geographic regions
		<i>trnL-F</i> IGS	<i>trnK-matK</i>	ITS/5.8S	
<i>Derris solorioides</i> Sirich. & Adema	Maxwell 50-75 (L)	JX506526	JX506640	JX506468	Thailand, Nakhon Sawan
<i>Derris spanogheana</i> Blume ex Miq.	De Vogel 5788 (L)	JX506522	JX506636	JX506464	Indonesia, Sulawesi
<i>Derris tonkinensis</i> Gagnep.	Sirichamorn YSM 2009-11 (L)	JX506517	JX506631	JX506459	Thailand, Lampang
<i>Derris trifoliata</i> Lour.	Sirichamorn YSM 2009-06 (L)	JX506528	JX506642	JX506470	Thailand, Samut Prakan
<i>Derris</i> sp. SS	C. Leeratiwong 19-1666 (BKF)	OQ208831	OQ413809	OP720909	Thailand, Songkhla (Pha Dam Forest Ranger Station)
<i>Derris</i> sp. RS	YSM2021-15 (BKF)	OQ208832	OQ413810	OP729703	Thailand, Songkhla (Tone Prew waterfall)
<i>Derris</i> sp. NN	YSM2021-16 (BKF)	OQ208833	OQ413811	OP730577	Thailand, Nakhon Si Thammarat (Krung Ching waterfall)
<i>Fordia splendidissima</i> (Blume ex Miq.) Buijsen	Tangah s.n.	–	AF142718	AF467048	Malaysia, Sabah
<i>Leptoderris brachyptera</i> (Benth.) Dunn	Herbarium Berolinense 403 (L)	JX506498	JX506611	JX506444	Cameroon, Limbe
<i>Leptoderris hypargyrea</i> (Harms) Dunn	Zenker 3645 (L)	JX506497	JX506610	JX506443	Cameroon, Bipinde
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hassl.	Hanh 2258 (L)	JX506502	JX506615	–	Paraguay, Guairá
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hassl.	Tressens & al. 1992	–	–	AF467059	Argentina: Corrientes
<i>Lonchocarpus subglaucescens</i> Mart. ex Benth.	Hatschbach 18025 (L)	JX506501	JX506614	–	Brazil: Paraná
<i>Lonchocarpus subglaucescens</i> Mart. ex, Benth.	Hatschbach 41090	–	–	AF467066	Brazil
<i>Millettia pinnata</i> (L.) Panigrahi	Sirichamorn YSM 2009-25 (L)	JX506503	JX506616	JX506445	Thailand, Surat Thani
<i>Neodunnia richardiana</i> (Baillon) Geesink	Schrire 2555 (K)	–	AF142713	AF467483	Madagascar
<i>Ostryocarpus riparius</i> Hook.f.	Maesen 7524 (WAG)	JX506487	JX506599	JX506431	Benin, Ouémé
<i>Philenoptera laxiflora</i> (Guill. & Perr.) Rob.	Hu 1117	–	–	AF467488	Senegal
<i>Philenoptera laxiflora</i> (Guill. & Perr.) Rob.	Hu 1126	–	AF142721	–	Senegal
<i>Philenoptera laxiflora</i> (Guill. & Perr.) Rob.	Lykke et al 856 (L)	JX506494	–	–	Senegal: Sine Saloum

Species	Voucher	GenBank accession No.			Source and
		<i>trnL-F</i> IGS	<i>trnK-matK</i>	ITS/5.8S	Geographic regions
<i>Philenoptera violacea</i> (Klotzsch) Schrire	Busse 530 (L)	JX506493	JX506606	JX506439	German East Africa (Tanzania)
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	Lavin & Luckow 5793 (TEX)	–	AF142710	AF467490	México, Veracruz
<i>Pongamiopsis amygdalina</i> (Baill.) R.Vig.	DuPuy M575 (K)	–	AF142711	AF467494	Madagascar



สรุปการเข้าร่วมการประชุมวิชาการ

ชื่อโครงการ	การประชุมวิชาการอนุกรมวิธานและซิสเทมาติกส์ในประเทศไทย (TST) ครั้งที่ 10
หน่วยงานที่จัด	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ร่วมกับศูนย์ความเป็นเลิศความหลากหลายทางชีวภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภายใต้การกำกับดูแลของสำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษา และวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สบว.) กระทรวงอุดมศึกษาวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (อว.)
สถานที่จัด	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี
วันจัดโครงการ	22-24 พฤษภาคม 2565
รางวัลที่ได้รับ	รางวัลรองชนะเลิศอันดับหนึ่ง การนำเสนอผลงานแบบปากเปล่า
ประโยชน์ที่ได้รับจากการเข้าร่วม	

การเข้าร่วมงานประชุมวิชาการในครั้งนี้ เป็นส่วนให้เกิดการฝึกใช้ความคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างงานที่มีเอกลักษณ์ ตลอดจนสามารถอธิบายและถ่ายทอดเนื้อหาหรือทฤษฎี ความรู้และสาระสำคัญที่เกี่ยวกับงานวิจัยทางชีววิทยาผ่านเทคโนโลยีและเครื่องมือสื่อสารได้อย่างถูกต้องเหมาะสม จากการเป็นผู้นำเสนอผลงานแบบบรรยายและได้รับรางวัลรองชนะเลิศอันดับหนึ่ง ถือเป็นการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการพร้อมกับเผยแพร่ชื่อเสียงของคณะวิชาและมหาวิทยาลัย ในฐานะผู้เข้าร่วม ยังถือเป็นการพัฒนาและส่งเสริมความรู้ในด้านต่าง ๆ อีกด้วย เช่น ความก้าวหน้าของงานวิจัยทางด้านพฤกษอนุกรมวิธานในพืชวงศ์ต่าง ๆ เทคนิคและวิธีการรูปแบบใหม่ ๆ ที่มีการนำมาใช้ในงานวิจัยทางพฤกษอนุกรมวิธาน เทคนิคและวิธีการบรรยาย ถ่ายทอดองค์ความรู้ทางชีววิทยา จากนักศึกษา นักวิจัย และอาจารย์ต่างสถาบันการศึกษาที่มีประสบการณ์ รวมถึงข้อมูลสำคัญที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในอนาคต



ชื่อโครงการ	การประชุมวิชาการพฤกษศาสตร์แห่งประเทศไทย (BCT) ครั้งที่ 14
หน่วยงานที่จัด	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ร่วมกับคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และสมาคมพฤกษศาสตร์ในพระบรมราชินูปถัมภ์
สถานที่จัด	จัดในรูปแบบออนไลน์ ผ่านโปรแกรม Zoom
วันจัดโครงการ	11-12 มิถุนายน 2565
รางวัลที่ได้รับ	รางวัลระดับดี การนำเสนอผลงานแบบบรรยายกลุ่มซิสเทมาติกส์
ประโยชน์ที่ได้รับจากการเข้าร่วม	

การเข้าร่วมงานประชุมวิชาการในครั้งนี้ ส่งเสริมให้มีการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ ด้วยการสร้างงานที่มีเอกลักษณ์ และทักษะการสื่อสารจากการนำเสนอแบบบรรยายที่สามารถอธิบายและถ่ายทอดเนื้อหาหรือทฤษฎี ความรู้และสาระสำคัญที่เกี่ยวกับงานวิจัยทางชีววิทยาผ่านการนำเสนอ การตอบข้อซักถามของคณะกรรมการและผู้เข้าร่วมงาน ร่วมกับการฝึกฝนทักษะการใช้เทคโนโลยีและเครื่องมือสื่อสารได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและมีประสิทธิภาพในรูปแบบออนไลน์ การได้รับรางวัลระดับดี ในการนำเสนอผลงานแบบบรรยายกลุ่มซิสเทมาติกส์ จึงถือเป็นภาพสะท้อนความสำเร็จของรายละเอียดข้างต้น และนับเป็นการเผยแพร่ชื่อเสียงของคณะวิชาและมหาวิทยาลัยอีกด้วย อีกทั้งในฐานะผู้เข้าร่วม ยังเป็นการส่งเสริมความรู้เพื่อใช้พัฒนาทักษะที่จำเป็นอื่น ๆ ด้วย เช่น ความก้าวหน้าของงานวิจัยทางด้านพฤกษอนุกรมวิธานในพืชวงศ์ต่าง ๆ เทคนิคและวิธีการใหม่ ๆ ที่มีการนำมาใช้ในงานวิจัยทางพฤกษอนุกรมวิธาน เทคนิคและวิธีการบรรยาย ถ่ายทอดองค์ความรู้ทางชีววิทยา จากนักศึกษา นักวิจัย และอาจารย์ต่างสถาบันการศึกษาที่มีประสบการณ์ รวมถึงข้อมูลสำคัญที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในอนาคต



ชื่อโครงการ	การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ พรรณพฤกษชาติประเทศไทย (FOT) ครั้งที่ 18
หน่วยงานที่จัด	สวนพฤกษศาสตร์สิงคโปร์ ร่วมกับกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช
สถานที่จัด	สวนพฤกษศาสตร์สิงคโปร์ สาธารณรัฐสิงคโปร์
วันจัดโครงการ	18–22 กรกฎาคม 2565
รางวัลที่ได้รับ	Best of The Best Poster Presentation Award
ประโยชน์ที่ได้รับจากการเข้าร่วม	

การเข้าร่วมนำเสนอผลงานแบบภาคินทัศน์และได้รับรางวัล Best of The Best Poster Presentation Award ในงานประชุมวิชาการครั้งนี้ เป็นการเน้นย้ำถึงผลลัพธ์ของการส่งเสริมการพัฒนาทักษะการดำเนินงานที่มีเอกลักษณ์อย่างสร้างสรรค์ รวมถึงทักษะการสื่อสารที่สามารถอธิบายและถ่ายทอดเนื้อหาหรือทฤษฎี ความรู้และสาระสำคัญที่เกี่ยวกับงานวิจัยทางชีววิทยาได้เป็นอย่างดีและมีประสิทธิภาพ ผ่านการทำสื่อ การนำเสนอแบบปากเปล่า และตอบข้อซักถามของคณะกรรมการและผู้เข้าร่วมงาน อีกทั้งการเข้าร่วมครั้งนี้ยังเป็นการเพิ่มพูนความรู้เพื่อส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาทักษะที่จำเป็นด้านอื่น ๆ เพิ่มเติมอีกด้วย เช่น ความก้าวหน้าของงานวิจัยทางด้านพฤกษอนุกรมวิธานในพืชวงศ์ต่าง ๆ เทคนิคและวิธีการใหม่ ๆ ที่มีการนำมาใช้ในงานวิจัยทางพฤกษอนุกรมวิธาน เทคนิคและวิธีการบรรยาย ถ่ายทอดองค์ความรู้ทางชีววิทยา จากนักศึกษา นักวิจัย บุคลากร และอาจารย์ต่างสถาบันการศึกษาหรือหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศที่มีประสบการณ์ รวมถึงข้อมูลสำคัญที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในอนาคต



รายการอ้างอิง

- Aasamaa, K., Söber, A., & Rahi, M. (2001). Leaf anatomical characteristics associated with shoot hydraulic conductance, stomatal conductance and stomatal sensitivity to changes of leaf water status in temperate deciduous trees. *Functional Plant Biology*, 28(8), 765–774. Retrieved from <https://doi.org/10.1071/PP00157>
- Adema, F. (2000). Notes on Malesian Fabaceae XX. *Derris* in Thailand and Malesia. *Thai Forest Bulletin (Botany)*, 28, 2–16.
- Adema, F. (2003). Notes on Malesian Fabaceae (Leguminosae-Papilionoideae). 11. The genus *Derris*. *Blumea*, 48, 393–419. doi:10.3767/000651903X675035
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716–723. doi:10.1109/TAC.1974.1100705
- Aldhebiani, A. Y. (2018). Species concept and speciation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(3), 437–440. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.04.013>
- Aworinde, D., Nwoye, D. U., Jayeola, A., Olagoke, A., & Ogundele, A. A. (2009). Taxonomic Significance of Foliar Epidermis in Some Members of Euphorbiaceae Family in Nigeria. *Research Journal of Botany*, 4, 17–28. doi:10.3923/rjb.2009.17.28
- Baker, J. G. (1878). L. Leguminosae, 89. *Derris*. . In J. D. Hooker (Ed.), *Flora of British India* (Vol. 2, pp. 240–224). Reeve and Co., Ltd., London.
- Barman, C., Singh, V. K., & Kakkar, M. (2020). Secondary Pollen Presentation in Flowering Plants. In R. Tandon, K. R. Shivanna, & M. Koul (Eds.), *Reproductive Ecology of Flowering Plants: Patterns and Processes* (pp. 197–214). Singapore: Springer Singapore.
- Bayer, R. J., & Starr, J. R. (1998). Tribal Phylogeny of the Asteraceae Based on Two Non-Coding Chloroplast Sequences, the *trnL* Intron and *trnL/trnF* Intergenic Spacer. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 85, 242–256. doi:10.2307/2992008
- Bennett, R. N., & Wallsgrave, R. M. (1994). Secondary metabolites in plant defence mechanisms. *New Phytologist*, 127(4), 617–633. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1994.tb02968.x>

- Bentham, G. (1860). A Synopsis of Dalbergieae: A Tribe of the Leguminosae. In *Proceedings of journal of the Proceedings of the Linnean Society, Botany* (pp. 1–134). London, UK: Longman, Green, Longmans and Roberts, and William and Northgate.
- Bento, J. P. S. P., Rosa, M. P. G., & Sartori, Â. L. B. (2023). *Discolobium* and *Riedeliella* (Fabaceae-Faboideae-Dalbergieae clade): leaflet anatomy, secretory structures and their systematic implications. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 201(4), 415–427. doi:10.1093/botlinnean/boac054
- Bosabalidis, A. M., & Kofidis, G. (2002). Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars. *Plant Science*, 163(2), 375–379. doi:[https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00135-8](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00135-8)
- Buyinza, D., Chalo, D. M., Derese, S., Ndakala, A., & Yenesew, A. (2020). Flavonoids and Isoflavonoids of *Millettia dura* and *Millettia ferruginea*: Phytochemical review and chemotaxonomic values. *Biochemical Systematics and Ecology*, 91, 104053. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bse.2020.104053>
- Caboni, P., Sherer, T. B., Zhang, N., Taylor, G., Na, H. M., Greenamyre, J. T., & Casida, J. E. (2004). Rotenone, Deguelin, Their Metabolites, and the Rat Model of Parkinson's Disease. *Chemical Research in Toxicology*, 17(11), 1540–1548. doi:10.1021/tx049867r
- Cavoski, I., Caboni, P., Sarais, G., Cabras, P., & Miano, T. (2007). Photodegradation of Rotenone in Soils under Environmental Conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(17), 7069–7074. doi:10.1021/jf0708239
- Chalker-Scott, L. (1999). Environmental Significance of Anthocyanins in Plant Stress Responses. *Photochemistry and Photobiology*, 70(1), 1–9. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.1999.tb01944.x>
- Chang, D.-J., An, H., Kim, K.-s., Kim, H. H., Jung, J., Lee, J. M., Kim, N.-J., Han, Y. T., Yun, H., Lee, S., Lee, G., Lee, S., Lee, J. S., Cha, J.-H., Park, J.-H., Park, J. W., Lee, S.-C., Kim, S. G., Kim, J. H., Lee, H.-Y., Kim, K.-W., & Suh, Y.-G. (2012). Design, Synthesis, and Biological Evaluation of Novel Deguelin-Based Heat Shock Protein 90 (HSP90) Inhibitors Targeting Proliferation and Angiogenesis. *Journal of Medicinal Chemistry*, 55(24), 10863–10884. doi:10.1021/jm301488q

- Chartzoulakis, K., Patakas, A., Kofidis, G., Bosabalidis, A., & Nastou, A. (2002). Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. *Scientia Horticulturae*, *95*(1), 39–50. doi:[https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(02\)00016-X](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00016-X)
- Chen, D., & Pedley, L. (2010). *Derris* Lour. In Z. Y. Wu, P. H. Raven, & D. Y. Hong (Eds.), *Flora of China* (Vol. 10, pp. 166–170). Beijing, Science Press, China.
- Chen, K.-M., Wang, F., Wang, Y.-H., Chen, T., Hu, Y.-X., & Lin, J.-X. (2006). Anatomical and chemical characteristics of foliar vascular bundles in four reed ecotypes adapted to different habitats. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, *201*(7), 555–569. doi:<https://doi.org/10.1016/j.flora.2005.12.003>
- Chen, S., Yao, H., Han, J., Liu, C., Song, J., Shi, L., Zhu, Y., Ma, X., Gao, T., Pang, X., Luo, K., Li, Y., Li, X., Jia, X., Lin, Y., & Leon, C. (2010). Validation of the ITS2 Region as a Novel DNA Barcode for Identifying Medicinal Plant Species. *PLOS ONE*, *5*(1), e8613. doi:10.1371/journal.pone.0008613
- Chen, X. J., Meng, Z. Y., Wang, P., Chen, S., & Ren, L. (2015). Chemical chromatography fingerprints of insecticidal plant *Derris* root. *Journal of Yangzhou University, Agricultural and Life Sciences* *36*(2), 79–82.
- Chen, Y., Huang, Z., & Tang, L. (2021). Invisible red in young leaves: Anthocyanin likely plays a defensive role in some other way beyond visual warning. *Flora*, *280*, 151833. doi:<https://doi.org/10.1016/j.flora.2021.151833>
- Chitchak, N., Stewart, A., & Traiperm, P. (2022). Functional Ecology of External Secretory Structures in *Rivea ornata* (Roxb.) Choisy (Convolvulaceae). *Plants*, *11*, 2068. doi:10.3390/plants11152068
- Chitchak, N., Traiperm, P., Staples, G., Rattanakrajang, P., & Sumanon, P. (2018). Species delimitation of some *Argyreia* (Convolvulaceae) using phenetic analyses: insights from leaf anatomical data reveal a new species. *Botany*, *96*, 1–17. doi:10.1139/cjb-2017-0108
- Close, D. C., & Beadle, C. L. (2003a). The ecophysiology of foliar anthocyanin. *The Botanical Review*, *69*(2), 149–161. doi:10.1663/0006-8101(2003)069[0149:TEOFA]2.0.CO;2

- Close, D. C., & Beadle, C. L. (2003b). The ecophysiology of foliar anthocyanin. *The Botanical Review*, 69(2), 149-161. doi:10.1663/0006-8101(2003)069[0149:TEOFA]2.0.CO;2
- Close, D. C., Davies, N. W., & Beadle, C. L. (2001). Temporal variation of tannins (galloylglucoses), flavonols and anthocyanins in leaves of *Eucalyptus nitens* seedlings: Implications for light attenuation and antioxidant activities. *Functional Plant Biology*, 28(4), 269–278. Retrieved from <https://doi.org/10.1071/PP00112>
- Coley, P. D., & Aide, T. M. (1989). Red coloration of tropical young leaves: a possible antifungal defence? *Journal of Tropical Ecology*, 5(3), 293–300. doi:10.1017/S0266467400003667
- Compton, J. A., Schrire, B. D., Könyves, K., Forest, F., Malakasi, P., Sawai, M., & Sirichamorn, Y. (2019). The *Callerya* Group redefined and Tribe Wisterieae (Fabaceae) emended based on morphology and data from nuclear and chloroplast DNA sequences. *PhytoKeys*, 125, 1–112. doi:10.3897/phytokeys.125.34877
- da Costa, D., E Silva, C., Pinheiro, A., Frommenwiler, D., Arruda, M., Guilhon, G., Alves, C., Arruda, A., & Da Silva, M. (2016). Using LC and Hierarchical Cluster Analysis as Tools to Distinguish Timbó Collections into Two *Deguelia* Species: A Contribution to Chemotaxonomy. *Molecules*, 21(5). doi:10.3390/molecules21050569
- da Cruz, D. T., Idárraga, Á., Banda, K., Cogollo, Á., van den Berg, C., de Queiroz, L. P., Pennington, R. T., Lavin, M., & Cardoso, D. B. O. S. (2018). Ancient speciation of the papilionoid legume *Luetzelburgia jacana*, a newly discovered species in an inter-Andean seasonally dry valley of Colombia. *TAXON*, 67(5), 931–943. doi:<https://doi.org/10.12705/675.6>
- da Silva, M. J., de Queiroz, L. P., Tozzi, A. M. G. d. A., Lewis, G. P., & de Sousa, A. P. (2012). Phylogeny and biogeography of *Lonchocarpus* sensu lato and its allies in the tribe Millettieae (Leguminosae, Papilionoideae). *TAXON*, 61(1), 93–108. doi:<https://doi.org/10.1002/tax.611007>
- Daniell, H., Lin, C. S., Yu, M., & Chang, W. J. (2016). Chloroplast genomes: diversity, evolution, and applications in genetic engineering. *Genome Biol*, 17(1), 134.

doi:10.1186/s13059-016-1004-2

Darriba, D., Taboada, G. L., Doallo, R., & Posada, D. (2012). jModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing. *Nature Methods*, *9*(8), 772–772.

doi:10.1038/nmeth.2109

Devecchi, M., Melo-de-Pinna, G., & Pirani, J. R. (2014). Comparative leaf anatomy and morphology of some Brazilian species of *Crotalaria* L. (Leguminosae: Papilionoideae: Crotalarieae). *Acta Botanica Brasilica*, *28*, 583–593.

doi:10.1590/0102-33062014abb3517

Dixon, R. A., & Steele, C. L. (1999). Flavonoids and isoflavonoids a gold mine for metabolic engineering. *Trends Plant Sci*, *4*(10), 394–400. doi:10.1016/s1360-1385(99)01471-5

Duan, L., Han, L.-N., Sirichamorn, Y., Wen, J., Compton, J., Deng, S.-W., Arslan, E., Ertuğrul, K., Schrire, B., & Chen, H.-F. (2021a). Proposal to recognise the tribes *Adinobotryeae* and *Glycyrrhizeae* (Leguminosae subfamily Papilionoideae) based on chloroplast phylogenomic evidence. *PhytoKeys*, *181*, 65–77.

doi:10.3897/phytokeys.181.71259

Duan, L., Han, L. N., Liu, B.-B., Leostrian, A., Wang, L., Arslan, E., Ertuğrul, K., Knyazev, M., Hantemirova, E., Wen, J., & Chen, H. F. (2022). Species delimitation of the liquorice tribe (Leguminosae: Glycyrrhizeae) based on phylogenomic and machine learning analyses. *Journal of Systematics and Evolution*, *61*.

doi:10.1111/jse.12902

Duan, L., Li, S., Su, C., Sirichamorn, Y., Han, L.-N., Ye, W., Lọc, P., Wen, J., Compton, J., Schrire, B., Nie, Z.-L., & Chen, H.-F. (2021b). Phylogenomic framework of the IRLC legumes (Leguminosae subfamily Papilionoideae) and intercontinental biogeography of tribe Wisterieae. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, *163*, 107235. doi:10.1016/j.ympev.2021.107235

Edwards, D., Horn, A., Taylor, D., Savolainen, V., & Hawkins, J. A. (2008). DNA barcoding of a large genus, *Aspalathus* L. (Fabaceae). *TAXON*, *57*(4), 1317–1314E.

doi:<https://doi.org/10.1002/tax.574021>

Eiadthong, W. (2008). Endemic and rare plants in dry deciduous dipterocarp forest in Thailand. In *Proceedings of the FORTROP II: Tropical forestry change in a*

- changing world* (pp. 133–142). Kasetsart University, Bangkok, Thailand: Faculty of Forestry.
- Esteban, B., Sang-Hun, O., Jianguo, J., Scott, B., Andrew, G., Clay, W., Megan, B., Daniel, P., & Dan, E. P. (2001). Phylogeny and systematics of *Prunus* (Rosaceae) as determined by sequence analysis of ITS and the *trnL-trnF* spacer DNA. *Systematic Botany*, 26(4), 797–807. doi:10.1043/0363-6445-26.4.797
- Evans, S. V., Fellows, L. E., & Bell, E. A. (1985). Distribution and systematic significance of basic non-protein amino acids and amines in the Tephrosieae. *Biochemical Systematics and Ecology*, 13(3), 271–302. doi:[https://doi.org/10.1016/0305-1978\(85\)90038-9](https://doi.org/10.1016/0305-1978(85)90038-9)
- Feeny, P. (1970). Seasonal Changes in Oak Leaf Tannins and Nutrients as a Cause of Spring Feeding by Winter Moth Caterpillars. *Ecology*, 51(4), 565–581. doi:<https://doi.org/10.2307/1934037>
- Feitoza, R. B. B., & Lima, H. R. P. (2020). Chemosystematic and evolutionary trends of the genistoid clade sensu stricto (Papilionoideae, Fabaceae). *Phytochemistry*, 183(4). doi:10.1016/j.phytochem.2020.112616
- Felsenstein, J. (1985). Confidence Limits on Phylogenies: An Approach Using the Bootstrap. *Evolution*, 39(4), 783–791. doi:10.2307/2408678
- Ferris, R., Nijs, I., Behaeghe, T., & Impens, I. (1996). Elevated CO₂ and Temperature have Different Effects on Leaf Anatomy of Perennial Ryegrass in Spring and Summer. *Annals of Botany*, 78(4), 489–497. doi:<https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0146>
- Franks, P. J., & Farquhar, G. D. (2007). The Mechanical Diversity of Stomata and Its Significance in Gas-Exchange Control. *Plant Physiology*, 143(1), 78–87. doi:10.1104/pp.106.089367
- Ganapaty, S., Josaphine, J., & Thomas, P. (2006). Anti-inflammatory Activity of *Derris scandens*. *Journal of Natural Remedies*, 6.
- Gao, T., Sun, Z., Yao, H., Song, J., Zhu, Y., Ma, X., & Chen, S. (2011). Identification of Fabaceae plants using the DNA barcode *matK*. *Planta Med*, 77(1), 92–94. doi:10.1055/s-0030-1250050
- Gao, T., Yao, H., Song, J., Liu, C., Zhu, Y., Ma, X., Pang, X., Xu, H., & Chen, S. (2010). Identification of medicinal plants in the family Fabaceae using a potential DNA

- barcode ITS2. *J Ethnopharmacol*, 130(1), 116–121. doi:10.1016/j.jep.2010.04.026
- Geesink, R. (1981). Tribe 6. Tephrosieae (Benth.) Hutch. 1964. . In R. M. Polhill & P. H. Raven (Eds.), *advances in legume systematics. Part 1* (pp. 245–260). Royal Botanic Garden, Kew.
- Geesink, R. (1985). Scala Millettiearum: A survey of the genera of the Tribe Millettieae (Legum.-Pap.), with Methodological Considerations. *Brittonia*, 37(2), 178–178. doi:10.2307/2806098
- Giri, L., Andola, H., Purohit, V., Rawat, M. s. M., Rawal, R., & Bhatt, I. (2010). Chromatographic and Spectral Fingerprinting Standardization of Traditional Medicines: An Overview as Modern Tools. *Research Journal of Phytochemistry*, 4, 234–241. doi:10.3923/rjphyto.2010.234.241
- Gomes, C. M. R., Gottlieb, O. R., Marini Bettolo, Giovanni, B., Delle Monache, F., & Polhill, R. M. (1981). Systematic significance of flavonoids in *Derris* and *Lonchocarpus*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 9(2), 129–147. doi:[https://doi.org/10.1016/0305-1978\(81\)90031-4](https://doi.org/10.1016/0305-1978(81)90031-4)
- Gong, W., Liu, Y.-H., Wang, C., Chen, Y.-Q., Martin, K., & Meng, L.-Z. (2020). Why Are There so Many Plant Species That Transiently Flush Young Leaves Red in the Tropics? *Frontiers in Plant Science*, 11. doi:10.3389/fpls.2020.00083
- Gonzalez-Coloma, A., Reina, M., Diaz, C. E., Fraga, B. M., & Santana-Meridas, O. (2013). Natural Product-Based Biopesticides for Insect Control. In *Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering*: Elsevier.
- Gotoh, E., Suetsugu, N., Higa, T., Matsushita, T., Tsukaya, H., & Wada, M. (2018). Palisade cell shape affects the light-induced chloroplast movements and leaf photosynthesis. *Scientific Reports*, 8(1), 1472. doi:10.1038/s41598-018-19896-9
- Gould, K. S. (2004). Nature's Swiss Army Knife: The Diverse Protective Roles of Anthocyanins in Leaves. *Journal of biomedicine & biotechnology*, 2004, 314–320. doi:10.1155/S1110724304406147
- Gould, K. S., Jay-Allemand, C., Logan, B. A., Baissac, Y., & Bidet, L. P. R. (2018). When are foliar anthocyanins useful to plants? Re-evaluation of the photoprotection hypothesis using *Arabidopsis thaliana* mutants that differ in anthocyanin accumulation. *Environmental and Experimental Botany*, 154, 11–22.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.02.006>

- Gould, K. S., Markham, K. R., Smith, R. H., & Goris, J. J. (2000). Functional role of anthocyanins in the leaves of *Quintinia serrata* A. Cunn. *Journal of Experimental Botany*, 51(347), 1107–1115. doi:10.1093/jexbot/51.347.1107
- Group, C. P. W. (2009). *A DNA Barcode for Land Plants*. Paper presented at the Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.
- Gupta, R. C. (2012). Rotenone. In R. C. Gupta (Ed.), *Veterinary Toxicology: Basic and Clinical Principles* (Vol. 2, pp. 620–623). Elsevier Academic Press, Amsterdam.
- Gupta, R. C. (2014). Rotenone. *Encyclopedia of Toxicology* 185–187.
- Hall, T. A. (1999). Bioedit: A user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 9.5/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series*, 41, 95–98.
- Hameed, M., Ashraf, M., & Naz, N. (2009). Anatomical adaptations to salinity in cogon grass [*Imperata cylindrica* (L.) Raeuschel] from the Salt Range, Pakistan. *Plant and Soil*, 322(1), 229–238. doi:10.1007/s11104-009-9911-6
- Hamid, A. (1999). *Derris* Lour. In L. S. de Padua, N. Bunyaphatsara, & R. H. M. J. Lemmens (Eds.), *PROSEA: Plant Resources of South-East Asia 12* (Vol. 1(12), pp. 234–242). Backhuys. Leiden, Netherlands: Medical and Poisonous Plants.
- Hanson, H. C. (1917). Leaf-Structure as Related to Environment. *American Journal of Botany*, 4(9), 533–560. doi:10.2307/2435253
- Hastings, J. M., Hadden, M. K., & Blagg, B. S. J. (2008). Synthesis and Evaluation of Derrubone and Select Analogues. *The Journal of Organic Chemistry*, 73(2), 369–373. doi:10.1021/jo702366g
- Hatier, J.-H. B., & Gould, K. S. (2009). Anthocyanin Function in Vegetative Organs. In C. Winefield, K. Davies, & K. Gould (Eds.), *Anthocyanins: Biosynthesis, Functions, and Applications* (pp. 1–19). New York, NY: Springer New York.
- Hebert, P. D., Cywinska, A., Ball, S. L., & deWaard, J. R. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 270(1512), 313–321. doi:10.1098/rspb.2002.2218
- Hebert, P. D., Penton, E. H., Burns, J. M., Janzen, D. H., & Hallwachs, W. (2004). Ten

- species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astraptes fulgerator*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(41), 14812–14817.
doi:10.1073/pnas.0406166101
- Hetherington, A. M., & Woodward, F. I. (2003). The role of stomata in sensing and driving environmental change. *Nature*, 424(6951), 901–908. doi:10.1038/nature01843
- Ho, Q. T., Berghuijs, H. N. C., Watté, R., Verboven, P., Herremans, E., Yin, X., Retta, M. A., Aernouts, B., Saeys, W., Helfen, L., Farquhar, G. D., Struik, P. C., & Nicolai, B. M. (2016). Three-dimensional microscale modelling of CO₂ transport and light propagation in tomato leaves enlightens photosynthesis. *Plant, Cell & Environment*, 39(1), 50–61. doi:<https://doi.org/10.1111/pce.12590>
- Hoch, W. A., Zeldin, E. L., & McCown, B. H. (2001). Physiological significance of anthocyanins during autumnal leaf senescence. *Tree Physiology*, 21(1), 1–8.
doi:10.1093/treephys/21.1.1
- Hou, X., Liu, J. E., & Zhao, Y. Z. (2008). Molecular phylogeny of *Caragana* (Fabaceae) in China. *Journal of Systematics and Evolution*, 46, 600–607.
doi:10.3724/SP.J.1002.2008.07071
- Howell, G. J., Slater, A., & Knox, R. B. (1993). Secondary Pollen Presentation in Angiosperms and Its Biological Significance. *Australian Journal of Botany*, 41.
doi:10.1071/BT9930417
- Hu, J.-M. (2000). Phylogenetic relationships of the tribe Millettieae and allies-The current status. In P. S. Herendeen & A. Bruneau (Eds.), *Advances in Legume Systematics* (Vol. 9, pp. 299–310). Royal Botanic Garden, Kew.
- Hu, J.-M., Lavin, M., Wojciechowski, M. F., & Sanderson, M. J. (2000). Phylogenetic systematics of the tribe Millettieae (Leguminosae) based on chloroplast *trnK/matK* sequences and its implications for evolutionary patterns in Papilionoideae. *American Journal of Botany*, 87(3), 418–430.
doi:<https://doi.org/10.2307/2656638>
- Hu, J.-M., Matt, L., Martin, F. W., & Michael, J. S. (2002). Phylogenetic Analysis of Nuclear Ribosomal ITS/5.8S Sequences in the Tribe Millettieae (Fabaceae): *Poecilanthe-Cyclobium*, the core Millettieae, and the *Callerya* Group. *Systematic Botany*,

27(4), 722–733. doi:10.1043/0363-6445-27.4.722

- ICEM. (2003). Thailand National Report on Protected Areas and Development. Review of Protected Areas and Development in the Lower Mekong River Region, Indooroopilly, Queensland, Australia. 131 pp.
- IUCN Standards and Petitions Committee. (2022). Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria, Version 15.1. Prepared by the Standards and Petitions Committee.
- Jachuća, J., Konarska, A., & Denisow, B. (2018). Micromorphological and histochemical attributes of flowers and floral reward in *Linaria vulgaris* (Plantaginaceae). *Protoplasma*, 255(6), 1763–1776. doi:10.1007/s00709-018-1269-2
- Jovanovic, S. V., Steenken, S., Tosic, M., Marjanovic, B., & Simic, M. G. (1994). Flavonoids as Antioxidants. *Journal of the American Chemical Society*, 116(11), 4846–4851. doi:10.1021/ja00090a032
- Joycharat, N. J., Thammavong, S., Limsuwan, S., Homlaead, S., Voravuthikunchai, S., Yingyongnarongkul, B.-E., Dej-adisai, S., & Subhadhirasakul, S. (2013). Antibacterial substance from *Albizia myriophylla* wood against cariogenic *Streptococcus mutans*. *Archives of pharmacal research*, 36. doi:10.1007/s12272-013-0085-7
- Karageorgou, P., & Manetas, Y. (2006). The importance of being red when young: anthocyanins and the protection of young leaves of *Quercus coccifera* from insect herbivory and excess light. *Tree Physiology*, 26(5), 613–621. doi:10.1093/treephys/26.5.613
- Kazemi, M., Osaloo, S. K., Maassoumi, A. A., & Pouyani, E. R. (2009). Molecular phylogeny of selected Old World *Astragalus* (Fabaceae): incongruence among chloroplast *trnL-F*, *ndhF* and nuclear ribosomal DNA ITS sequences. *Nordic Journal of Botany*, 27(5), 425–436. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2009.00285.x>
- Keijner, R. H. (1981). The leaf anatomy of the tropical papilionoid genera *Derris*, *Millettia* and *Lonchocarpus* and a number of their surrounding genera (Leguminosae). In *Master thesis*. National Herbarium of the Netherlands, Leiden University.
- Khaomek, P., Ichino, C., Ishihyama, A., Sekiguchi, H., Namatame, M., Ruangrunsi, N., Saifah, E., Kiyohara, H., Otaguro, K., Omura, S., & Yamada, H. (2008). In vitro antimalarial activity of prenylated flavonoids from *Erythrina fusca*. *Journal of*

- Natural Medicines*, 62, 217–220. doi:10.1007/s11418-007-0214-z
- Koes, R. E., Quattrocchio, F., & Mol, J. N. M. (1994). The flavonoid biosynthetic pathway in plants: Function and evolution. *BioEssays*, 16(2), 123–132.
doi:<https://doi.org/10.1002/bies.950160209>
- Kozuka, T., Kong, S.-G., Doi, M., Shimazaki, K.-i., & Nagatani, A. (2011). Tissue-Autonomous Promotion of Palisade Cell Development by Phototropin 2 in *Arabidopsis*. *The Plant Cell*, 23(10), 3684–3695. doi:10.1105/tpc.111.085852
- Kursar, T. A., & Coley, P. D. (1992). Delayed Greening in Tropical Leaves: An Antiherbivore Defense? *Biotropica*, 24(2), 256–262. doi:10.2307/2388520
- Lackey, J. A. (1978). Leaflet Anatomy of Phaseoleae (Leguminosae: Papilionoideae) and Its Relation to Taxonomy. *Botanical Gazette*, 139(4), 436–446.
doi:10.1086/337019
- Lawson, T., & Blatt, M. R. (2014). Stomatal Size, Speed, and Responsiveness Impact on Photosynthesis and Water Use Efficiency. *Plant Physiology*, 164(4), 1556–1570.
doi:10.1104/pp.114.237107
- Lee, R., & Gates, D. M. (1964). Diffusion Resistance in Leaves as Related to their Stomatal Anatomy and Micro-Structure. *American Journal of Botany*, 51(9), 963–975. doi:<https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1964.tb06725.x>
- Leeratiwong, C., Chalermglin, P., & Saunders, R. M. K. (2021). *Goniothalamus roseipetalus* and *G. sukhirinensis* (Annonaceae): Two new species from Peninsular Thailand. *PhytoKeys*, 184, 1–17. Retrieved from
<https://doi.org/10.3897/phytokeys.184.73210>
- Li, S., Tosens, T., Harley, P. C., Jiang, Y., Kanagendran, A., Grosberg, M., Jaamets, K., & Niinemets, Ü. (2018). Glandular trichomes as a barrier against atmospheric oxidative stress: Relationships with ozone uptake, leaf damage, and emission of LOX products across a diverse set of species. *Plant, Cell & Environment*, 41(6), 1263–1277. doi:<https://doi.org/10.1111/pce.13128>
- Lin, Z. Y., Yun, Q. Z., Wu, L., Zhang, T. W., & Yao, T. Z. (2021). Pharmacological basis and new insights of deguelin concerning its anticancer effects. *Pharmacological Research*, 174, 105935. doi:<https://doi.org/10.1016/j.phrs.2021.105935>
- Ling, N., & Conservation, N. Z. D. o. (2003). *Rotenone: A Review of Its Toxicity and Use*

for Fisheries Management: Department of Conservation.

- Long, S. P., Humphries, S., & Falkowski, P. G. (1994). Photoinhibition of Photosynthesis in Nature. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 45(1), 633–662. doi:10.1146/annurev.pp.45.060194.003221
- LoPresti, E. F. (2016). Chemicals on plant surfaces as a heretofore unrecognized, but ecologically informative, class for investigations into plant defence. *Biological Reviews*, 91(4), 1102–1117. doi:<https://doi.org/10.1111/brv.12212>
- Loureiro, J. d. (1790). *Flora Cochinchinensis*. Lissabon.
- Madhavan, L., Scariah, S., M.V, K., Presannakumari, K. T., Bhat, K., Bisht, I., & Kattukunnel, J. (2014). *Vigna konkanensis* (Fabaceae: Papilionoideae) a new species from the west coast of India. *Webbia*, 69. doi:10.1080/00837792.2014.893951
- Mamoon, S., & Azam, M. G. (2012). Preliminary phytochemical screening and antidiarrhoeal activity of *Derris trifoliata* Lour. *International Journal of Pharmaceutical Sciences*, 3.
- Manetas, Y., Petropoulou, Y., Psaras, G. K., & Drinia, A. (2003). Exposed red (anthocyanic) leaves of *Quercus coccifera* display shade characteristics. *Functional Plant Biology*, 30(3), 265–270. Retrieved from <https://doi.org/10.1071/FP02226>
- Matile, P. (2000). Biochemistry of Indian summer: physiology of autumnal leaf coloration. *Experimental Gerontology*, 35(2), 145–158. doi:[https://doi.org/10.1016/S0531-5565\(00\)00081-4](https://doi.org/10.1016/S0531-5565(00)00081-4)
- Mattapha, S. (2020). *Millettia* Wight & Arn. In K. Chayamarit & H. Balslev (Eds.), *Flora of Thailand*: (Vol. 4(3.2), pp. 421–450). Bangkok, Thailand.
- Mattapha, S., Forest, F., Schrire, B. D., Lewis, G. P., Hawkins, J., & Suddee, S. (2023). Three new species of *Millettia* (Leguminosae-Papilionoideae: Millettieae) from the Indo-Chinese region. *Kew Bulletin*, 78(2), 175–187. doi:10.1007/s12225-023-10084-1
- Meeboonya, R., Ngernsaengsaruy, C., & Balslev, H. (2021). *Dolichos kongkandae* sp. nov. and lectotypification of *D. fragrans* (Leguminosae, Papilionoideae) from Asia. *PhytoKeys*, 175, 55–65. doi:10.3897/phytokeys.175.57759
- Mendes, M. M., Gazarini, L. C., & Rodrigues, M. L. (2001). Acclimation of *Myrtus communis* to contrasting Mediterranean light environments-effects on structure

- and chemical composition of foliage and plant water relations. *Environmental and Experimental Botany*, 45(2), 165–178. doi:[https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(01\)00073-9](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(01)00073-9)
- Meziane, D., & Shipley, B. (1999). Interacting determinants of specific leaf area in 22 herbaceous species: effects of irradiance and nutrient availability. *Plant, Cell & Environment*, 22(5), 447–459. doi:<https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.1999.00423.x>
- Miller, M. A., Pfeiffer, W., & Schwartz, T. (2010, 14-14 Nov. 2010). *Creating the CIPRES Science Gateway for inference of large phylogenetic trees*. Paper presented at the 2010 Gateway Computing Environments Workshop (GCE).
- Miller, N. J., & Ruiz-Larrea, M. B. (2002). Flavonoids and Other Plant Phenols in the Diet: Their Significance as Antioxidants. *Journal of Nutritional & Environmental Medicine*, 12(1), 39–51. doi:10.1080/13590840220123352
- Miranda, V., Baker, N. R., & Long, S. P. (1981). Limitations of Photosynthesis in Different Regions of the *Zea mays* Leaf. *New Phytologist*, 89(2), 179–190. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1981.tb07481.x>
- Murungi, L. K., Kirwa, H., Salifu, D., & Torto, B. (2016). Opposing Roles of Foliar and Glandular Trichome Volatile Components in Cultivated Nightshade Interaction with a Specialist Herbivore. *PLOS ONE*, 11(8), e0160383. doi:10.1371/journal.pone.0160383
- Napiroon, T., Sinbumroong, A., & Poopath, M. (2021). *Lasianthus ranongensis* (Rubiaceae), a new species from Andaman tropical rainforest Thailand. *PeerJ*, 9, e12320. doi:10.7717/peerj.12320
- Naramoto, S., Jones, V. A. S., Trozzi, N., Sato, M., Toyooka, K., Shimamura, M., Ishida, S., Nishitani, K., Ishizaki, K., Nishihama, R., Kohchi, T., Dolan, L., & Kyojuka, J. (2019). A conserved regulatory mechanism mediates the convergent evolution of plant shoot lateral organs. *PLOS Biology*, 17(12), e3000560. doi:10.1371/journal.pbio.3000560
- Nautiyal, S., Badola, H. K., Pal, M., & Negi, D. S. (1994). Plant responses to water stress: changes in growth, dry matter production, stomatal frequency and leaf anatomy. *Biologia Plantarum*, 36(1), 91–97. doi:10.1007/BF02921275

- Neill, S. O., & Gould, K. S. (2003). Anthocyanins in leaves: light attenuators or antioxidants? *Functional Plant Biology*, *30*(8), 865–873. Retrieved from <https://doi.org/10.1071/FP03118>
- Nguyen, L. T., Schmidt, H. A., von Haeseler, A., & Minh, B. Q. (2015). IQ-TREE: a fast and effective stochastic algorithm for estimating maximum-likelihood phylogenies. *Mol Biol Evol*, *32*(1), 268–274. doi:10.1093/molbev/msu300
- Niinemets, Ü. (2001). Global-Scale Climatic Controls of Leaf Dry Mass per Area, Density, and Thickness in Trees and Shrubs. *Ecology*, *82*(2), 453–469. doi:[https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[0453:GSCCOL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[0453:GSCCOL]2.0.CO;2)
- Nopporncharoenkul, N., Somnoo, T., Tanming, W., & Maknoi, C. (2021). *Kaempferia jentittikuliae* (*kaempferia* subg. *Protanthium*: zingiberaceae), a new, endangered species endemic to Thailand. *Edinburgh Journal of Botany*, *78*, 1–13. doi:10.24823/EJB.2021.350
- Norverto, C. A., González-Andrés, F., & Ortiz, J. M. (1994). Leaf and stem anatomy of species of *Cytisophyllum*, *Cytisus*, *Chamaecytisus*, *Genista*, and *Genista* sect. *Teline* (Fabaceae: Genisteae) as an aid for taxonomy. *Israel Journal of Plant Sciences*, *42*(3), 213–225. doi:<https://doi.org/10.1080/07929978.1994.10676574>
- Nyffeler, R. (2002). Phylogenetic relationships in the cactus family (Cactaceae) based on evidence from *trnK/matK* and *trnL-trnF* sequences. *American Journal of Botany*, *89*, 312–326. doi:10.3732/ajb.89.2.312
- Orak, H. H., Karamač, M., Orak, A., & Amarowicz, R. (2016). Antioxidant Potential and Phenolic Compounds of Some Widely Consumed Turkish White Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Varieties. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, *66*(4), 253–260. doi:10.1515/pjfn-2016-0022
- Oren-Shamir, M. (2009). Does anthocyanin degradation play a significant role in determining pigment concentration in plants? *Plant Science*, *177*(4), 310–316. doi:<https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2009.06.015>
- Page, R. D. M., & Holme, E. C. (1998). Molecular evolution: a phylogenetic approach. In. Blackwell Science, Oxford.
- Palmer, J. D. (1991). Plastid chromosomes: structure and evolution. *Cell Cult. Somat. Cell Genet. Plants*, *7*, 5–53.

- Palmer, J. D., Jansen, R. K., Michaels, H. J., Chase, M. W., & Manhart, J. R. (1988). Chloroplast DNA Variation and Plant Phylogeny. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 75(4), 1180–1206. doi:10.2307/2399279
- Peiffer, M., Tooker, J. F., Luthe, D. S., & Felton, G. W. (2009). Plants on early alert: glandular trichomes as sensors for insect herbivores. *New Phytologist*, 184(3), 644–656. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.03002.x>
- Pereira, L. B. S., Costa-Silva, R., Felix, L. P., & Agra, M. d. F. (2018). Leaf morphoanatomy of “mororó” (*Bauhinia* and *Schnella*, Fabaceae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 28(4), 383–392. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bjp.2018.04.012>
- Pérez-Estrada, L. B., Cano-Santana, Z., & Oyama, K. (2000). Variation in leaf trichomes of *Wigandia urens*: environmental factors and physiological consequences. *Tree Physiol*, 20(9), 629–632. doi:10.1093/treephys/20.9.629
- Polhill, R. M. (1981). Tribe 4. Dalbergieae Bronn ex DC. (1825). In R. M. Polhill & P. H. Raven (Eds.), *Advances in legume systematics, part 1* (pp. 233–252). Royal Botanic Gardens, Kew, UK.
- Pooma, R. Endemic and Rare Plant of Forest Complexes in Thailand. . In *Preceding of Forest Biological Diversity Meeting Report, 21–24 August 2005. Cha Am Regent Hotel, Phetchaburi*. National Park, Wildlife and Plant Conservation Department, Bangkok, Thailand.
- Pornpongrueng, P., Parnell, J., Hodkinson, T., & Chantaranothai, P. (2017). *Phyllanthus kaweesakii* (Phyllanthaceae), a new species from Thailand. *Botany*, 95, 567–577. doi:10.1139/cjb-2016-0298
- POWO. (2023). Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Available at: <http://www.plantsoftheworldonline.org/>.
- Prokopy, R. J., & Owens, E. D. (1983). Visual Detection of Plants by Herbivorous Insects. *Annual Review of Entomology*, 28(1), 337–364. doi:10.1146/annurev.en.28.010183.002005
- Pulbutr, P., Nantana, P., Suksabai, S., Mudjupa, C., Denchai, R., Rattanakiat, S., & Dhammaraj, T. (2020). Inhibitory actions of lupinifolin isolated from *Derris reticulata* stem against carbohydrate-digesting enzymes. *Pharmacognosy Research*, 12, 102. doi:10.4103/pr.pr_117_19

- Qaderi, M. M., Martel, A. B., & Strugnell, C. A. (2023). Environmental Factors Regulate Plant Secondary Metabolites. *Plants*, 12(3). doi:10.3390/plants12030447
- Rather, S. A., Subramaniam, S., Danda, S., & Pandey, A. K. (2018). Discovery of two new species of *Crotalaria* (Leguminosae, Crotalariaeae) from Western Ghats, India. *PLOS ONE*, 13(2), e0192226. doi:10.1371/journal.pone.0192226
- Raubeson, L., Jansen, R., & Henry, R. J. (2005). Chloroplast genomes of plants. In R. J. Henry (Ed.), *Diversity and Evolution of Plants-Genotypic and Phenotypic Variation in Higher Plants* CABI Publishing, Wallingford.
- Raven, J. A. (2002). Selection pressures on stomatal evolution. *New Phytologist*, 153(3), 371–386. doi:<https://doi.org/10.1046/j.0028-646X.2001.00334.x>
- Ray, D. E. (1991). Pesticides derived from plants and other organisms. In W. J. Hayes & E. R. Laws (Eds.), *Handbook of Pesticide Toxicology, 2. Classes of Pesticides* San Diego: Academic Press.
- Ridley, H. N. (1922). Flora of the Malay Peninsula 1. In London, L. Reeve and Co., Ltd.
- Robertson, D. R., & Smith-Vaniz, W. F. (2008). Rotenone: An Essential but Demonized Tool for Assessing Marine Fish Diversity. *BioScience*, 58(2), 165–170. doi:10.1641/B580211
- Ruchisansakun, S., Jenjittikul, T., & Maknoi, C. (2020). *Scaphochlamys longipedunculata*, a new species from southern thailand. *Edinburgh Journal of Botany*, 77, 1–7. doi:10.1017/S0960428620000177
- Sae-Yun, A., Ovatlarnporn, C., Itharat, A., & Wiwattanapatapee, R. (2006). Extraction of rotenone from *Derris elliptica* and *Derris malaccensis* by pressurized liquid extraction compared with maceration. *J Chromatogr A*, 1125(2), 172–176. doi:10.1016/j.chroma.2006.05.075
- Saheed, A., & Illoh, H. (2010). A Taxonomic Study of some Species in Cassiinae (Leguminosae) using Leaf Epidermal Characters. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38. doi:10.15835/nbha3813490
- Salisbury, E. J. (1928). On the Causes and Ecological Significance of Stomatal Frequency, with Special Reference to the Woodland Flora. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character*, 216, 1–65. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/92126>

- Saraf, A., & Shinde, P. (2016). HPTLC fingerprint profile, isolation and validation of marker compound lupeol in *Derris Heyneana* (Wight and Arn) Benth. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 7(7), 14–21. doi:10.22376/ijpbs.2016.7.4.b714-721
- Saraf, A., & Shinde, P. (2018). Phytochemical analysis and chemical fingerprinting of *Derris heyneana* (Wight and Arn.) Benth. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(3), 740–747.
- Satthaphorn, J., Paton, A., & Leeratiwong, C. (2021). *Clerodendrum angustipetalum*, a new species of *Clerodendrum* (Lamiaceae) from Thailand. *Phytotaxa*, 2, 177–183. doi:10.11646/phytotaxa.491.2.7
- Satthaphorn, J., Paton, A. J., & Leeratiwong, C. (2022). *Clerodendrum peninsulare*, a new species of *Clerodendrum* (Lamiaceae) from Thailand and a note on *C. palmatolobatum*. *Kew Bulletin*, 77(1), 93–103. doi:10.1007/s12225-022-10000-z
- Sehgal, L., & Paliwal, G. (2008). Studies on the leaf anatomy of *Euphorbia*: II. Venation patterns*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 68, 173–208. doi:10.1111/j.1095-8339.1974.tb01758.x
- Simpson, D. A., Muasya, A. M., Chayamarit, K., Parnell, J. A. N., Suddee, S., Wilde, B. D. E., Jones, M. B., Bruhl, J. J., & Pooma, R. (2005). *Khaosokia caricoides*, a new genus and species of Cyperaceae from Thailand. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 149(3), 357–364. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2005.00446.x>
- Sirichamorn, Y. (2020). *Derris* Lour. In K. Chayamarit & H. Balslev (Eds.), *Flora of Thailand* (Vol. 4(3.2), pp. 390–417). Bangkok, Thailand.
- Sirichamorn, Y., Adema, F., & Welzen, P. C. (2012a). The Genera *Aganope*, *Derris*, and *Paraderris* (Fabaceae, Millettieae) in Thailand. *Systematic Botany*, 37, 404–436. doi:10.2307/41515132
- Sirichamorn, Y., Adema, F. A., Gravendeel, B., & van Welzen, P. C. (2012b). Phylogeny of palaeotropic *Derris*-like taxa (Fabaceae) based on chloroplast and nuclear DNA sequences shows reorganization of (infra)generic classifications is needed. *American Journal of Botany*, 99(11), 1793–1808. doi:10.3732/ajb.1200390
- Sirichamorn, Y., Adema, F. A. C. B., Roos, M. C., & van Welzen, P. C. (2014a). Molecular and morphological phylogenetic reconstruction reveals a new generic

delimitation of Asian *Derris* (Fabaceae): Reinstatement of *Solori* and synonymisation of *Paraderris* with *Derris*. *TAXON*, 63(3), 522–538.

doi:<https://doi.org/10.12705/633.13>

- Sirichamorn, Y., Adema, F. A. C. B., & Welzen, P. C. (2014b). *Derris solorioides* (Fabaceae), a new limestone species with true-paniculate inflorescences from North-Central Thailand. *Blumea-Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants*, 59, 98–102. doi:10.3767/000651914X684862
- Sirichamorn, Y., Thomas, D. C., Adema, F. A. C. B., & van Welzen, P. C. (2014c). Historical biogeography of *Aganope*, *Brachypterum* and *Derris* (Fabaceae, tribe Millettieae): insights into the origins of Palaeotropical intercontinental disjunctions and general biogeographical patterns in Southeast Asia. *Journal of Biogeography*, 41(5), 882–893. doi:<https://doi.org/10.1111/jbi.12262>
- Skutch, A. F. (1928). Causes and Ecological Significance of Stomatal Frequency. [On the Causes and Ecological Significance of Stomatal Frequency, with Special Reference to the Woodland Flora, E. J. Salisbury]. *Ecology*, 9(2), 252–254. doi:10.2307/1929359
- Smith, W. K., & Nobel, P. S. (1978). Influence of Irradiation, Soil Water Potential, and Leaf Temperature on Leaf Morphology of a Desert Broadleaf, *Encelia farinosa* Gray (Compositae). *American Journal of Botany*, 65(4), 429–432. doi:10.2307/2442699
- Smith, W. K., Vogelmann, T. C., DeLucia, E. H., Bell, D. T., & Shepherd, K. A. (1997). Leaf Form and Photosynthesis. *BioScience*, 47(11), 785–793. doi:10.2307/1313100
- Song, Z., & Pan, B. (2022). Transfer of *Millettia pachycarpa* and *M. entadoides* to *Derris* (Fabaceae), supported by morphological and molecular data. *Phytotaxa*, 531, 230–248. doi:10.11646/phytotaxa.531.3.4
- Soonthornchareonnon, N., Ubonopas, L., Kaewsuwan, S., & Wuttiudomler, M. (2004). Lupinifolin, a bioactive flavanone from *Myriopteron extensum* (Wight) K. Schum Stem. *Thai J Phytopharm*, 11, 19–28.
- Stefanucci, A., Scioli, G., Marinaccio, L., Zengin, G., Locatelli, M., Tartaglia, A., Della Valle, A., Cichelli, A., Novellino, E., Pieretti, S., & Mollica, A. (2022). A Comparative Study on Phytochemical Fingerprint of Two Diverse *Phaseolus vulgaris* var.

- Tondino del Tavo and Cannellino Bio Extracts. *Antioxidants*, 11(8).
doi:10.3390/antiox11081474
- Steven, G. N., & Subramanyam, R. (2009). Testing plant barcoding in a sister species complex of pantropical *Acacia* (Mimosoideae, Fabaceae). *Mol Ecol Resour*, 9 Suppl s1, 172–180. doi:10.1111/j.1755-0998.2009.02642.x
- Steyn, W. J., Wand, S. J. E., Holcroft, D. M., & Jacobs, G. (2002). Anthocyanins in vegetative tissues: a proposed unified function in photoprotection. *New Phytologist*, 155(3), 349–361. doi:<https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2002.00482.x>
- Stojičić, D., Tošić, S., Slavkowska, V., Zlatković, B., Budimir, S., Janošević, D., & Uzelac, B. (2016). Glandular trichomes and essential oil characteristics of in vitro propagated *Micromeria pulegium* (Rochel) Benth. (Lamiaceae). *Planta*, 244(2), 393–404. doi:10.1007/s00425-016-2513-7
- Su-Chan, L., Hye-Young, M., Hoon, C., Ho Shin, K., Kyong-Cheol, K., So-Jung, P., Myeong, A. S., Ji Hae, S., Hyun-Ju, P., Young-Ger, S., Kyu-Won, K., Hyun-Seok, H., Hee, K., Min-Young, L., Jeewoo, L., & Ho-Young, L. (2015). Synthesis and Evaluation of a Novel Deguelin Derivative, L80, which Disrupts ATP Binding to the C-terminal Domain of Heat Shock Protein 90. *Molecular Pharmacology*, 88(2), 245. doi:10.1124/mol.114.096883
- Swofford, D. (2003). PAUP*: Phylogenetic Analysis Using Parsimony (*and Other Methods). Version 4.0b10. In. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Taberlet, P., Gielly, L., Pautou, G., & Bouvet, J. (1991). Universal primers for amplification of three non-coding regions of chloroplast DNA. *Plant Molecular Biology*, 17(5), 1105–1109. doi:10.1007/BF00037152
- Tavaré, S. (1985). Some Probabilistic and Statistical Problems in the Analysis of DNA Sequences. *Lectures on mathematics in the life sciences* 17, 57–86.
- Teixeira, S. d. P., Castro, M. d. M., & Tozzi, A. M. G. d.-A. (2000). Secretory cavities and pellucid dots in leaflets of *Lonchocarpus* (Leguminosae, Papilionoideae, Millettieae). *Plant Systematics and Evolution*, 221(1), 61–68. doi:10.1007/BF01086380
- Terashima, I., Hanba, Y. T., Tholen, D., & Niinemets, Ü. (2011). Leaf Functional Anatomy

- in Relation to Photosynthesis. *Plant Physiology*, 155(1), 108–116.
doi:10.1104/pp.110.165472
- Tothathri, K. (1961). Studies in Leguminosae 1. A taxonomic revision of the genus *Derris* Lour. in India. *Bulletin of the Botanical Survey of India*, 3, 175–200.
- Tothathri, K. (1982). Leguminosae: Genus *Derris*. *Fascicles of Flora of India*, 8, 1–33.
- Toxopeus, H. J. (1952a). Studies in the breeding of *Derris elliptica* and *Derris malaccensis*. *Euphytica*, 1(1), 34–42. doi:10.1007/BF01902802
- Toxopeus, H. J. (1952b). Studies in the breeding of *Derris Elliptica* and *Derris Malaccensis*. *Euphytica*, 1(3), 175–183. doi:10.1007/BF01910657
- Tozin, L. R. d. S., & Rodrigues, T. M. (2016). Morphology and histochemistry of glandular trichomes in *Hyptis villosa* Pohl ex Benth. (Lamiaceae) and differential labeling of cytoskeletal elements. Retrieved from <https://www.biodiversitylibrary.org/part/202504>
- Traiperm, P., & Staples, G. (2014). A New Endemic Thai Species of *Argyreia* (Convolvulaceae). *Phytotaxa*, 164, 281–285. doi:10.11646/phytotaxa.164.4.7
- Traiperm, P., & Suddee, S. (2020). A new species of *Argyreia* (Convolvulaceae) from Thailand. *PhytoKeys*, 149, 109–115. doi:10.3897/phytokeys.149.50379
- Tuli, H. S., Mittal, S., Loka, M., Aggarwal, V., Aggarwal, D., Masurkar, A., Kaur, G., Varol, M., Sak, K., Kumar, M., Sethi, G., & Bishayee, A. (2021). Deguelin targets multiple oncogenic signaling pathways to combat human malignancies. *Pharmacological Research*, 166, 105487. doi:<https://doi.org/10.1016/j.phrs.2021.105487>
- Turner, I. M. (2001). Leaf development: coloured young leaves. . In P. S. Ashton, S. P. Hubbell, D. H. Janzen, P. H. Raven, & P. B. Tomlinson (Eds.), *The ecology of trees in the tropical rain forest* Cambridge Tropical Biology Series. Cambridge University Press, Cambridge.
- Udeani, G. O., Gerhäuser, C., Thomas, C. F., Moon, R. C., Kosmeder, J. W., Kinghorn, A. D., Moriarty, R. M., & Pezzuto, J. M. (1997). Cancer Chemopreventive Activity Mediated by Deguelin, a Naturally Occurring Rotenoid1. *Cancer Research*, 57(16), 3424–3428.
- Uka, C., Okeke, C., Awomukwu, D., Aziagba, B., & Muoka, R. (2014). Taxonomic Significance of Foliar Epidermis of some *Phyllanthus* species in South Eastern

- Nigeria. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 9, 01–06.
doi:10.9790/3008-09410106
- Uras, M., Ozyigit, I., Filiz, E., & Şen, U. (2023). *Genetic diversity and phylogenetic analysis of Robinia pseudoacacia L. populations using ISSR Markers, ITS1 and trnL-F Intergenic spacer sequences.*
- Veitch, N. C. (2007). Isoflavonoids of the leguminosae. *Natural Product Reports* 24(2), 417–464. doi:10.1039/b511238a
- Vincent, M. (2013). *Trifolium kentuckiense* (Fabaceae, Papilionoideae), a new species from Franklin and Woodford counties, Kentucky. *Phytoneuron*, 2013(63), 1–6.
- Vittaya, L., Chalad, C., Khongsai, S., & Ritthiwigrom, T. (2014). Phytochemical screening, total phenolic content, and antibacterial activity of *Derris trifoliata* extracts. *Thai Journal of Botany* 6, 109–115.
- Wagner, G. J., Wang, E., & Shepherd, R. W. (2004). New approaches for studying and exploiting an old protuberance, the plant trichome. *Ann Bot*, 93(1), 3–11.
doi:10.1093/aob/mch011
- Wang, Y., Ma, W., & Zheng, W. (2013). Deguelin, a novel anti-tumorigenic agent targeting apoptosis, cell cycle arrest and anti-angiogenesis for cancer chemoprevention. *Mol Clin Oncol*, 1(2), 215–219. doi:10.3892/mco.2012.36
- Wang, Y., Su, X. H., & Peng, Z. H. (2002). Review of studies on plant shade-tolerance. *Forest Research*, 15, 349–355.
- Welzen, P. C., & Chayamarit, K. (2001). Two New Mallotus and Two New *Sauropus* Species (Euphorbiaceae) Endemic to Thailand. *Kew Bulletin*, 56, 649.
doi:10.2307/4117690
- Welzen, P. C., Madern, A., Raes, N., Parnell, J., Byrne, C., Curtis, T., Macklin, J., Trias Blasi, A., Prajaksood, A., Simpson, D., Bygrave, P., Dransfield, s., Kirkup, D., Moat, J., Wilkin, P., Couch, C., Boyce, P., Chayamarit, K., Chantaranonthai, P., & Teerawatananon, A. (2011). The Current and Future Status of Floristic Provinces in Thailand. In Y. Trisurat, R. P. Shrestha, & R. Alkemade (Eds.), *Land Use, Climate Change and Biodiversity Modeling* (pp. 219–247): IGI Global.
- Went, F. W. (1971). Parallel evolution *TAXON*, 20(2-3), 197–226.
doi:<https://doi.org/10.2307/1218877>

- Wessinger, C. A., & Hileman, L. C. (2020). Parallelism in Flower Evolution and Development. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 51(1), 387–408. doi:10.1146/annurev-ecolsys-011720-124511
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S., & Taylor, J. W. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In M. A. Innes, D. J. Gelfand, J. J. Sninsky, & T. J. White (Eds.), *PCR protocol: A guide to methods and applications* (pp. 315–322). Academic Press, San Diego, California, USA.
- Wicke, S., Schneeweiss, G. M., dePamphilis, C. W., Müller, K. F., & Quandt, D. (2011). The evolution of the plastid chromosome in land plants: gene content, gene order, gene function. *Plant Mol Biol*, 76(3–5), 273–297. doi:10.1007/s11103-011-9762-4
- Wikramanayake, E., Dinerstein, E., Loucks, C. J., Olson, D., Morrison, J., Lamoreaux, J., & Hamilton-Smith, E. (2002). Terrestrial Ecoregions of the Indo-Pacific: A Conservation Assessment. *Electronic Green Journal*, 1. doi:10.5070/G311710489
- Wilson, D., & Cooper, J. P. (1969). Apparent Photosynthesis and Leaf Characters in Relation to Leaf Position and Age, Among Contrasting *Lolium* Genotypes. *New Phytologist*, 68(3), 645–655. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1969.tb06468.x>
- Wilson, D., & Cooper, J. P. (1970). Effect of Selection for Mesophyll Cell Size on Growth and Assimilation in *Lolium perenne* L. *New Phytologist*, 69(2), 233–245. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1970.tb02421.x>
- Wojciechowski, M. F., Lavin, M., & Sanderson, M. J. (2004). A phylogeny of legumes (Leguminosae) based on analysis of the plastid matK gene resolves many well-supported subclades within the family. *American Journal of Botany*, 91(11), 1846–1862. doi:10.3732/ajb.91.11.1846
- Wojciechowski, M. F., Sanderson, M. J., Baldwin, B. G., & Donoghue, M. J. (1993). Monophyly of Aneuploid *Astragalus* (Fabaceae): Evidence from Nuclear Ribosomal DNA Internal Transcribed Spacer Sequences. *American Journal of Botany*, 80(6), 711–722. doi:<https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1993.tb15241.x>
- Woodward, F. I., Lake, J. A., & Quick, W. P. (2002). Stomatal Development and CO₂: Ecological Consequences. *The New Phytologist*, 153(3), 477–484. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/1513867>

- Xie, Z., Lam, S. C., Wu, J., Yang, D., & Xu, X. (2014). Chemical fingerprint and simultaneous determination of flavonoids in Flos Sophorae Immaturus by HPLC-DAD and HPLC-DAD-ESI-MS/MS combined with chemometrics analysis. *Analytical Methods*, 6, 4328. doi:10.1039/c4ay00289j
- Yang, Y., Lin, L., & Ferguson, D. K. (2015). Parallel evolution of leaf morphology in gnetophytes. *Organisms Diversity & Evolution*, 15(4), 651–662. doi:10.1007/s13127-015-0226-6
- Yang, Z., & Rannala, B. (1997). Bayesian phylogenetic inference using DNA sequences: a Markov Chain Monte Carlo Method. *Molecular Biology and Evolution*, 14(7), 717–724. doi:10.1093/oxfordjournals.molbev.a025811
- Yi, Q.-F., Han, L.-N., Lin, M.-C., Tan, Y., Fu, L., Duan, L., & Chen, H.-F. (2022). The complete chloroplast genome of ornamental and medicinal *Callerya dielsiana* (Fabaceae). *Mitochondrial DNA Part B*, 7, 1416–1417. doi:10.1080/23802359.2022.2105664
- Yousaf, Z., Zafar, M., Ahmad, M., Sultana, S., Rozina, Ozdemir, F. A., & Abidin, S. Z. U. (2022). Palyno-anatomical microscopic characterization of selected species of Boraginaceae and Fabaceae. *Microscopy Research and Technique*, 85(4), 1332–1354. doi:<https://doi.org/10.1002/jemt.23999>
- Yu, J., Xue, J.-H., & Zhou, S.-L. (2011). New universal matK primers for DNA barcoding angiosperms. *Journal of Systematics and Evolution*, 49(3), 176–181. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1759-6831.2011.00134.x>
- Yusook, K., Weeranantanapan, O., Hua, Y., Kumkrai, P., & Chudapongse, N. (2016a). Lupinifolin from *Derris reticulata* possesses bactericidal activity on *Staphylococcus aureus* by disrupting bacterial cell membrane. *Journal of Natural Medicines*, 71. doi:10.1007/s11418-016-1065-2
- Yusook, K., Weeranantanapan, O., Riyajan, S., Musika, J., & Chudapongse, N. (2016b). Lupinifolin extracted from *Derris reticulata* inhibits growth of *Staphylococcus aureus* possibly by damaging bacterial cell membrane. *Planta Medica*, 81, S1–S381. doi:10.1055/s-0036-1596513
- Zhang, R., Yi, T., & Pan, B. (2018). *Pseudarthria panii* (Fabaceae: Desmodieae), a new species from Asia, 120 years after its first collection. *Phytotaxa*, 367(3), 265–274.

doi:10.11646/phytotaxa.367.3.6

- Zhao, Q., & Chen, X.-Y. (2016). Development: A new function of plant trichomes. *Nature Plants*, 2(7), 16096. doi:10.1038/nplants.2016.96
- Zoric, L., Merkulov, L., Lukovic, J., & Boza, P. (2012). Comparative analysis of qualitative anatomical characters of *Trifolium* L. (Fabaceae) and their taxonomic implications: preliminary results. *Plant Systematics and Evolution*, 298(1), 205–219. doi:10.1007/s00606-011-0538-8
- Zubairi, T. D. S., Sarmidi, M., & Aziz, R. (2014). A Study of Rotenone from *Derris* Roots of Varies Location, Plant Parts and Types of Solvent Used. *Advances in Environmental Biology*, 8, 445–449.
- Zubairi, T. D. S., Sarmidi, M., & Aziz, R. (2015). A Thermal Degradation (Thermolysis) Study of Rotenone Extracted from *Derris elliptica* Roots Using Reverse-Phase High Performance Liquid Chromatography (RP-HPLC). *Sains Malaysiana*, 44, 161–166. doi:10.17576/jsm-2015-4401-17
- ยศเวท สิริจามร. (2563). Leaf Anatomy of Thai species of *Derris* Lour. (Fabaceae) and its related genera. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุนอุดหนุนการวิจัยสำหรับอาจารย์หลังสำเร็จ การศึกษาระดับปริญญาเอก จากกองทุนวิจัยและสร้างสรรค์คณะวิทยาศาสตร์. ศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	พันธ์วริศ บุญประจันตร์
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ชีววิทยา) ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร (2563)
ผลงานตีพิมพ์	Boonprajan, P., Leeratiwong, C. & Sirichamorn, Y. (2024). From morphology to molecules: A comprehensive study of a novel <i>Derris</i> species (Fabaceae) with a rare flowering habit and reddish leaflet midribs, discovered in Peninsular Thailand. <i>PhytoKeys</i> , 237, 51-77. https://doi.org/10.3897/phytokeys.237.112860
รางวัลที่ได้รับ	- 2020; Best of The Best Poster Presentation Award; The 18th Flora of Thailand Conference (FoT18); Singapore Botanical Garden, Singapore (international). - 2565; รางวัลระดับดี การนำเสนอผลงานแบบบรรยายกลุ่มซิสเทมาติกส์; การประชุมวิชาการพฤกษศาสตร์แห่งประเทศไทย (BCT) ครั้งที่ 14; มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประเทศไทย (ระดับชาติ) - 2565; รางวัลรองชนะเลิศอันดับหนึ่ง การนำเสนอผลงานแบบปากเปล่า; การประชุมวิชาการอนุกรมวิธานและซิสเทมาติกส์ในประเทศไทย (TST) ครั้งที่ 10; มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประเทศไทย (ระดับชาติ) - 2565; ผ่านการทดสอบความรู้ระดับเชี่ยวชาญ โครงการปฏิบัติการพัฒนาทักษะการตรวจคุณภาพผลิตภัณฑ์สมุนไพรด้วย HPTLC; คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย - 2564;ทุนสนับสนุนการทำวิจัยสำหรับนักศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต เพื่อเป็นผู้ช่วยวิจัย; คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร