

กายวิภาคศาสตร์เปรียบเทียบเนื้อเยื่อชั้นผิวใบของพืชวงศ์เข็ม (Rubiaceae) บางชนิดในมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

Comparative leaf epidermal anatomy of some species of the family Rubiaceae in Roi Et Rajabhat University

สุทาร์ตน์ คนขยัน^{1*}, เบญญาภา พลศรี² และ ภณิดา เถาว์ชาลี²

Sutarat Khonkayan^{1*}, Benyapa Ponsri² and Panida Taochalee²

Received: 6 November 2024 ; Revised: 8 January 2025 ; Accepted: 13 March 2025

บทคัดย่อ

ลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของพืช เป็นข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการศึกษาด้านอนุกรมวิธาน ประกอบกับข้อมูลพื้นฐานสำหรับการระบุชนิดพืชวงศ์เข็มมีน้อย การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาลักษณะของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบที่สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือทางอนุกรมวิธานในการระบุชนิดของพืช พืชวงศ์เข็ม (Rubiaceae) ที่พบในมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด จำนวน 14 สกุล 20 ชนิด ประกอบด้วยสกุล *Ixora*, *Gardenia*, *Hedyotis*, *Oldenlandia*, *Spermacoce* และ *Morinda* สกุลละ 2 ชนิด *Catunaregam*, *Cynanchum*, *Hamelia*, *Mitragyna*, *Mitracarpus*, *Mussaenda*, *Paederia* และ *Rothmannia* สกุลละ 1 ชนิด ด้วยวิธีการลอกผิวใบและการทำให้แผ่นใบใส ย้อมด้วยสีซาฟรานิน ความเข้มข้น 1% ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะกายวิภาคศาสตร์ทั่วไปของพืชวงศ์เข็มคือ 1) รูปร่างของเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวมีรูปร่างหลายเหลี่ยม รูปร่างไม่แน่นอน และรูปร่างคล้ายจิกซอร์ 2) ชนิดของปากใบเป็นแบบพาราไซติก 3) ชนิดของขนเป็นแบบขนหลายเซลล์ ขนเซลล์เดี่ยว และขนรูปโล่ 4) มีรูปแบบของผิวเคลือบคิวทินเป็นผิวเรียบ เป็นปุ่มหรือเป็นริ้วเรียงขนาน และ 5) รูปแบบของสารสะสมเป็นผลึกรูปดาว ผลึกรูปปริซึม ผลึกรูปเข็ม ผลึกรูปเม็ดทราย ผลึกรูปแท่ง พบเซลล์เม็ดน้ำมันและเซลล์สะสมสารติดสีแดงเข้ม ลักษณะกายวิภาคดังกล่าวเบื้องต้นมีความสำคัญต่ออนุกรมวิธานอย่างมาก เนื่องจากสามารถนำไปใช้ในการระบุพืชบางชนิดหรือบางสกุลได้

คำสำคัญ: กายวิภาคศาสตร์พืช, เนื้อเยื่อชั้นผิวใบ, พืชวงศ์ Rubiaceae

Abstract

Anatomical characteristics of plants are important data for taxonomic studies. Additionally, there is little basic data available to be used for identifying species in the Rubiaceae family. The objective of this research is to identify the characteristics of leaf epidermal tissue that can be used as a taxonomic tool for species identification. Leaf epidermal characteristics were examined in 20 species across 14 genera of the Rubiaceae family found at Roi Et Rajabhat University. The species investigated included two species each of *Gardenia*, *Hedyotis*, *Ixora*, *Morinda*, *Oldenlandia* and *Spermacoce* and one species each of *Catunaregam*, *Cynanchum*, *Hamelia*, *Mitragyna*, *Mitracarpus*, *Mussaenda*, *Paederia* and *Rothmannia*. Specimens were prepared using leaf epidermal peeling and clearing techniques and stained with 1% safranin. The generalized anatomical characteristics of the family were as follows: 1) Epidermal cell shapes were polygonal, irregular and jigsaw-like; 2) Stomata were of the paracytic type; 3) Trichome types included multicellular hairs, unicellular hairs and peltate hairs; 4) The cuticle patterns were either

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

² หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาชีววิทยา, คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

¹ Assistant Professor, Department of Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Science, Roi-Et Rajabhat University

² Bachelor of Science Program in Biology, Faculty of Liberal Arts and Science, Roi-Et Rajabhat University

* Corresponding author, e-mail: sutarat25@gmail.com

smooth, papillose or striate; and 5) Inclusion types included druse crystals, prismatic crystals, raphide crystals, sand crystals, styloid crystals, oil bodies and red staining inclusions cell. These leaf features have significant taxonomic value and can be effectively used to identify specific species or genera within the Rubiaceae family.

Keywords: Plant anatomy, leaf epidermis, Rubiaceae

บทนำ

พืชวงศ์เข็ม (Rubiaceae) จัดเป็นพืชที่มีความหลากหลายสูงวงศ์หนึ่งของโลก มีการกระจายพันธุ์ของพืชวงศ์เข็มทั่วโลกประมาณ 630 สกุล 10,200 ชนิด (Mabberley, 1997) เป็นองค์ประกอบสำคัญของไม้ชั้นล่างในป่าดิบชื้น (Gardner *et al.*, 2000) ในประเทศไทยมี 110 สกุล ประมาณ 600 ชนิด (รวมทั้งพืชต่างถิ่น) (Puff *et al.*, 2005) นับเป็นพรรณไม้ที่มีความหลากหลาย แต่ยังไม่สามารถระบุจำนวนชนิดที่แน่นอนได้ เนื่องจากการศึกษาเพื่อจัดทำหนังสือพรรณพฤกษชาติของประเทศไทย (Flora of Thailand) ยังไม่แล้วเสร็จแม้มีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง 20 ปี เนื่องมาจากอุปสรรคคือโอกาสในการพบดอกและผล (Puff *et al.*, 2005) ปัญหาในการระบุชนิดพืชวงศ์เข็มที่ไม่พบดอกและผลไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะกับนักพฤกษศาสตร์เท่านั้น แต่ยังเป็นอุปสรรคสำคัญสำหรับผู้ศึกษาเกี่ยวกับพรรณพืชโดยทั่วไป เนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลาและงบประมาณในการสำรวจพื้นที่ ทำให้ไม่สามารถเข้าถึงได้ทุกฤดูกาล ดังนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบุชนิดของพืชในระยะที่ไม่มีดอกและผล จึงสามารถทำได้โดยการศึกษาด้านกายวิภาคศาสตร์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบ เพื่อพัฒนารูปวิธีที่สามารถช่วยระบุชนิดพืชได้

พืชวงศ์เข็มมีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจมาก เช่น กาแฟ (*Coffea arabica* L.) นำมาใช้ในการผลิตเครื่องดื่มกาแฟ คิวินิน (*Cinchona pubescens* Vahl) นำมาสกัดเป็นยาคิวินินรักษาไข้มาลาเรีย พรรณไม้ในสกุลโอบ (*Uncaria*) บางชนิดเป็นยาสมุนไพรรักษาโรค (จำลอง เพ็งคล้าย และคณะ, 2518) พรรณไม้ในสกุลเข็ม (*Ixora*) สกุลพุด (*Gardenia*) และสกุลคัตเค้า (*Randia*) นิยมปลูกเป็นไม้ประดับ ปัจจุบันนี้มีการนำพืชวงศ์เข็มมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน ได้แก่ เป็นพืชที่ให้กลิ่นหอมและทำเครื่องใช้ เช่น กระพุ่ม (*Anthocephalus chinensis* Walp.) ผ่าด้าม (*Gardenia coronaria* Buch.-Ham) เข็มใหญ่ (*Pavetta aspera* Craib) และหมักหม้อ (*Rothmannia wittii* Craib) ปลูกเป็นไม้ประดับและทำเครื่องดีม เช่น กาแฟโรบัสตา (*Coffea canephora* Pierre ex A.Froehner) ใช้เป็นสมุนไพร เช่น ยอเถื่อน (*Morinda elliptica* (Hook.f.) Ridl.) คัตเค้า (*Randia longiflora* Lam.) กระท่อม (*Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil.) และตะลุมพุก (*Catunaregam*

uliginosa (Poir.) Tirveng.) รวมถึงเปลือกต้นและรากใช้ในการผลิตสีย้อม ใบและผลใช้ในการประกอบอาหาร และการนำมาปลูกเป็นไม้ดอกไม้ประดับ เป็นต้น (สุรินทร์ แข่งขัน และคณะ, 2555)

การศึกษากายวิภาคศาสตร์เปรียบเทียบเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ใช้เป็นเครื่องมือในการจำแนกและระบุพืชได้เนื่องจากเซลล์และเนื้อเยื่อที่มีลักษณะเฉพาะตัวตามพันธุกรรมไม่เปลี่ยนแปลงตามสิ่งแวดล้อม (Jones & Luchsinger, 1987) นอกจากนี้ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ยังช่วยจำแนกพืชที่อยู่ในสภาพที่เป็นชิ้นส่วนขนาดเล็ก เช่น ชิ้นส่วนสมุนไพร ผงเครื่องเทศ ชิ้นส่วนในระบบทางเดินอาหารซึ่งจะเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ ชิ้นส่วนพืชที่ถูกทับถมในชั้นดินและหินยังใช้เป็นข้อมูลทางด้านธรณีวิทยาและโบราณคดีได้ตามลำดับ (Metcalf & Chalk, 1950; Dickison, 2000) แม้กายวิภาคศาสตร์จะเป็นความรู้พื้นฐานที่มีประโยชน์ แต่ข้อมูลดังกล่าวในพืชวงศ์เข็มยังมีน้อย โดยเฉพาะการศึกษาเพื่อนำลักษณะไปใช้ในการระบุชนิด ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มพูนข้อมูลด้านกายวิภาคศาสตร์ของพืชกลุ่มนี้ ทั้งจำนวนชนิดและเขตการกระจายพันธุ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ดตั้งอยู่ในจังหวัดร้อยเอ็ดภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เป็นสถาบันการศึกษาแห่งหนึ่งที่พื้นที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง มีระบบนิเวศเป็นป่าโคกทุ่งบ่อเป็นป่าดิบแล้ง มีเนื้อที่ประมาณ 137 ไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่ปกปักและแหล่งเรียนรู้ของมหาวิทยาลัย ทั้งทางนิเวศวิทยาและภูมิปัญญาพื้นบ้าน

อย่างไรก็ตาม พบข้อมูลการศึกษาพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ดส่วนใหญ่เป็นการบรรยายลักษณะทางสัณฐานวิทยาและรายงานสรรพคุณของพืชเพียงบางชนิดเท่านั้น ยังไม่พบข้อมูลการศึกษาด้านกายวิภาคศาสตร์เฉพาะกลุ่มของพืช ในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาและเป็นข้อมูลพื้นฐานทางกายวิภาคศาสตร์เปรียบเทียบเนื้อเยื่อชั้นผิวใบของพืชวงศ์เข็มในมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด โดยการลอกผิวใบ (Peeling method) และการทำแผ่นใบใส (Clearing method) เพื่อค้นหาลักษณะที่สามารถนำมาใช้สร้างรูปวิธีในการระบุชนิดหรือใช้สำหรับการตรวจสอบและรับรองพืช

นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ร่วมกับข้อมูลด้านอื่นๆ อันจะเป็นผลให้การจำแนกและระบุพืชวงศ์นี้มีความสมบูรณ์ และถูกต้องมากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยด้านกายวิภาคศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการกระจายพันธุ์ของพืชวงศ์เข็มจากหนังสือพรรณพฤกษชาติของประเทศไทย (Flora of Thailand) (Puff *et al.*, 2021) พร้อมศึกษาตัวอย่างพรรณไม้แห้งในพิพิธภัณฑ์พืชกรุงเทพฯ (BK) และหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช (BKF)

2. สืบค้นและเก็บตัวอย่างพืชในภาคสนาม ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2566 – กุมภาพันธ์ 2567 บริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด โดยตัวอย่างที่ศึกษาจำนวน 14 สกุล 20 ชนิด ชนิดละ 10 ตัวอย่าง (Table 1) นำตัวอย่างที่เก็บได้ส่วนหนึ่งมารบุงชนิดและจัดทำเป็นตัวอย่างพรรณไม้แห้งสำหรับการอ้างอิง เก็บไว้ที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด และอีกส่วนหนึ่งรักษาสภาพเซลล์ไว้ในเอทานอล 70% เพื่อศึกษาลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบ

3. ศึกษาลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบ โดยนำตัวอย่างที่รักษาสภาพเซลล์ในเอทานอล 70% มาล้างด้วยน้ำกลั่น ลอกผิวใบทั้งด้านบนและด้านล่างโดยใช้ใบมีดโกนขูดผิวใบด้านที่ไม่ต้องการออกหรือหยดโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 10% หรือแช่ในสารละลายคลอโรกซ์ (Clorox) ความเข้มข้น 10% ใช้เวลาตามความเหมาะสมจนกระทั่งผิวใบบาง แล้วล้างสารละลายออกจากชั้นตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด ย้อมสีตัวอย่างด้วยสีซาฟรานิน (Safranin) ความเข้มข้น 1% ที่ละลายในน้ำนาน 5-10 นาที ล้างสีส่วนเกินออกด้วยน้ำและดึงน้ำออกจากชั้นตัวอย่าง โดยแช่ในเอทานอลที่มีความเข้มข้น 15%, 30%, 50%, 70%, 95% และ 100% ขึ้นตอนละ 5 นาที ตามลำดับ จากนั้นแช่ในเอทานอล 100% ผสมกับไซลีน (Xylene) อัตราส่วน 1:1 นาน 10 นาที นำชิ้นตัวอย่างมาแช่ต่อในไซลีนบริสุทธิ์ (Pure xylene) นาน 15 นาที ผึ่งสีไลต์ด้วยดีพีเอ็กซ์ (DePeX mounting medium, DPX) จากนั้นตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Light microscope)

4. ศึกษาลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบ ความหนาแน่นของเซลล์ ชนิดและความหนาแน่นของปากใบ ความยาวเซลล์คุม ความยาวของขนแบบต่างๆ และสารสะสมภายในเซลล์จากสไลด์ถาวรที่เตรียมได้ และบันทึกภาพด้วยกล้อง OPTIKA B-1000 FL HBO ลักษณะละ 10 ซ้ำ สร้างรูปวิธานระบุชนิดและหาค่าดัชนีความหนาแน่นของปากใบ (Stomatal Index) ตามสูตรของ Salisbury (1927)

Table 1 List of samples used in the study

Scientific name	Native name	Collection number
1. <i>Catunaregam tomentosa</i> (Blume ex DC.) Tirveng.	หนามแท่ง	Rubia01
2. <i>Cynanchum pulchellum</i> Wall.	ข้าวสาร	Rubia02
3. <i>Gardenia carinata</i> Wall. ex Roxb.	พุดน้ำบุศย์	Rubia03
4. <i>G. jasminoides</i> J.Ellis	พุดซ้อน	Rubia04
5. <i>Hamelia patens</i> Jacq.	ประทัดใต้หวั่น	Rubia05
6. <i>Hedyotis pachycarpa</i> Ridl.	ตองแห้ง	Rubia06
7. <i>H. ovatifolia</i> Cav.	ผักค้างคาว	Rubia07
8. <i>Ixora lobbii</i> King & Gamble	เข็มป่าแดง	Rubia08
9. <i>I. chinensis</i> Lam.	เข็มแดง	Rubia09
10. <i>Mitracarpus hirtus</i> (L.) DC.	หญ้าจุกขาว	Rubia10
11. <i>Mitragyna speciosa</i> (Roxb.) Korth.	กระท่อม	Rubia11
12. <i>Morinda citrifolia</i> L.	ยอบ้าน	Rubia12
13. <i>M. pubescens</i> Sm.	ยอป่า	Rubia13
14. <i>Mussaenda philippica</i> Queen	ดอนญา	Rubia14

Table 1 List of samples used in the study (continue)

Scientific name	Native name	Collection number
Sirikit		
15. <i>Oldenlandia biflora</i> L.	หมากดิบน้ำค้าง	Rubia15
16. <i>O. corymbosa</i> L.	หญ้าลิ้นงู	Rubia16
17. <i>Paederia linearis</i> Hook. f.	ตดหมุดตดหมา	Rubia17
18. <i>Ridsdalea wittii</i> (Craib) J.T.Pereira	หมักหม้อ	Rubia18
19. <i>Spermacoce remota</i> Lam.	หญ้าเขมร	Rubia19
20. <i>S. latifolia</i> Aubl.	กระดุมใบใหญ่	Rubia20

ผลการวิจัย

เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านบน (Table 2) จำนวนเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวของ *M. philippica* มีความหนาแน่นของเซลล์เฉลี่ยมากที่สุด คือ 1,139.3 เซลล์ต่อตารางมิลลิเมตร และ *M. hirtus* มีความหนาแน่นของเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 162.3 เซลล์ต่อตารางมิลลิเมตร เซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวของพืชที่ศึกษาส่วนใหญ่มีรูปร่างแบบหลายเหลี่ยม (Figure 1 A) ยกเว้นใน *G. jasminoides*, *H. pachycarpa*, *I. lobbii*, *M. philippica* และ *C. pulchellum* มีเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวแบบไม่แน่นอน (Figure 1 B) และ *R. wittii*, *O. corymbosa*, *M. hirtus* มีเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวคล้ายจิกซอร์ พืชส่วนใหญ่มีผนังเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวเรียบ พบปากใบที่ผิวใบด้านบนแบบพาราไซติกในพืช 4 ชนิด ได้แก่ *S. remota*, *S. latifolia*, *M. hirtus* และ *R. wittii* โดยพบความหนาแน่นของปากใบสูงสุด 148 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร ค่าดัชนีความหนาแน่นของปากใบคือ 30.47% ใน *S. remota* และพบความยาวของเซลล์คุมสูงสุดเท่ากับ 34.5 ไมโครเมตร ใน *M. hirtus* นอกจากนี้ในเนื้อเยื่อชั้นผิวใบของพืชส่วนใหญ่พบขนแบบเซลล์เดี่ยว (Figure 2 A, D) ใน *M. philippica* มีความยาวขนเฉลี่ยมากที่สุด คือ 440.7 ไมโครเมตร เนื้อเยื่อชั้นผิวใบของพืชที่ศึกษาส่วนใหญ่มีผิวเคลือบคิวทินเป็นผิวเรียบ ชนิดของสารสะสม ได้แก่ ผลึกรูปดาว ผลึกรูปปริซึม (Figure 2 H) ผลึกรูปเม็ดทราย ผลึกรูปแท่ง ผลึกรูปเข็ม พบเซลล์เม็ดยาน้ำมันและเซลล์สะสมสารติดสีแดงเข้ม

เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่าง (Table 3) จำนวนเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวของ *H. patens* มีความหนาแน่นของเซลล์เฉลี่ยมากที่สุด คือ 918.7 เซลล์ต่อตารางมิลลิเมตร และ *H. ovatifolia* มีความหนาแน่นของเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 124 เซลล์ต่อตารางมิลลิเมตร เซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวใบส่วนใหญ่มีรูปร่างไม่แน่นอนและคล้ายจิกซอร์ ยกเว้นใน *C. tomentosa* และ *I. chinensis* ที่มีเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวแบบหลายเหลี่ยม พืชส่วนใหญ่มีผนังเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิว

หัก พบปากใบแบบพาราไซติกในพืชทุกชนิดที่ศึกษา (Figure 1 C-F) โดย *M. philippica* มีความหนาแน่นของปากใบเฉลี่ยมากที่สุด คือ 378.6 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร และ *H. patens* ความหนาแน่นของปากใบเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 22.5 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร พบเซลล์คุมมีความยาวสูงสุดเท่ากับ 209 ไมโครเมตร ใน *H. pachycarpa* ใน *H. ovatifolia* มีค่าดัชนีความหนาแน่นของปากใบมากที่สุดคือ 46.02% และใน *H. patens* มีค่าดัชนีความหนาแน่นของปากใบน้อยที่สุดคือ 2.40% นอกจากนี้ยังพบขน 3 แบบ คือขนแบบเซลล์เดี่ยว (Figure 2 C) ขนหลายเซลล์ (Figure 2 B) และขนรูปโล่ โดย *P. linearis* มีความยาวขนเฉลี่ยมากที่สุด คือ 557.3 ไมโครเมตร เนื้อเยื่อชั้นผิวใบของพืชที่ศึกษามีผิวเคลือบคิวทินเป็นผิวเรียบ ชนิดของสารสะสม ได้แก่ ผลึกรูปเม็ดทราย ผลึกรูปดาว (Figure 2 G) ผลึกรูปปริซึม ผลึกรูปเข็ม พบเซลล์เม็ดยาน้ำมัน (Figure 2 F) และเซลล์สะสมสารติดสีแดงเข้ม (Figure 2 E)

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษากายวิภาคศาสตร์เนื้อเยื่อชั้นผิวใบของพืชวงศ์เข็ม พบว่าสามารถนำมาใช้พิจารณาจำแนกได้ ดังต่อไปนี้ (Table 2, 3)

1. **รูปร่างของเซลล์** เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านบนและด้านล่าง มีรูปร่างเซลล์ 3 แบบ คือ 1) รูปร่างไม่แน่นอน 2) รูปร่างคล้ายจิกซอร์ และ 3) รูปร่างหลายเหลี่ยม ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าเซลล์ส่วนใหญ่มีรูปร่างหลายเหลี่ยมที่เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านบน สอดคล้องกับการศึกษาของ ปริมประภา ภูสงสี (2561) ศึกษากายวิภาคศาสตร์เปรียบเทียบพืชสกุลหญ้าอ้อยก่า (วงศ์เข็ม) ในประเทศไทย พบว่าเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่างมีรูปร่างไม่แน่นอน ยกเว้นใน *Hedyotis ternata* ที่มีรูปร่างหลายเหลี่ยม ซึ่งรูปร่างของเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวสามารถนำมาใช้ในการจำแนกและระบุชนิดของสกุลนี้ได้ ดังนั้น จากการศึกษากายวิภาคศาสตร์ครั้งนี้จึงสามารถนำลักษณะดังกล่าวเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการแยกพืช อย่างไรก็ตามการใช้รูปร่างของเซลล์ในการจัด

จำแนกหรือระบุชนิด ควรคำนึงถึงสภาพแวดล้อมที่พืชอาศัยอยู่ด้วย เพราะอาจมีผลทำให้ลักษณะกายวิภาคศาสตร์เกิดความผันแปรได้ (Metcalf & Chalk, 1957)

2. ลวดลายของผิวเคลือบคิวทิน เนื้อเยื่อชั้นคิวทินใบด้านบน สามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ ได้แก่ เป็นผิวเรียบเป็นปุ่ม และเป็นริ้วเรียงขนาน ส่วนเนื้อเยื่อชั้นคิวทินใบด้านล่างพบผิวเคลือบคิวทิน 2 แบบ คือ เป็นผิวเรียบ และเป็นริ้วเรียงขนาน สอดคล้องกับการศึกษาของ Stace (1965) ที่กล่าวถึงข้อจำกัดของลวดลายผิวเคลือบคิวทินต่อการศึกษาด้านอนุกรมวิธาน ซึ่งสามารถใช้ในการจำแนกในพืชบางกลุ่มเท่านั้น

3. ลักษณะของขน พบขนมีการกระจายบริเวณต่างๆ ทั้งในเนื้อเยื่อชั้นคิวทินด้านบนและด้านล่าง 3 ชนิด ได้แก่ ขนแบบเซลล์เดี่ยว ขนแบบหลายเซลล์และขนรูปโกลี สอดคล้องกับการศึกษาของ อุไรวรรณ กุลีช่วย (2554) สำรวจพืชที่มีขนที่พบในบริเวณแอ่งน้ำ อำเภอบางบาล จังหวัดสงขลา เพื่อสนับสนุนนิติวิทยาศาสตร์ พบว่าลักษณะขนบางลักษณะสามารถใช้เป็นเกณฑ์ประกอบในการจำแนกชนิดพืชในระดับวงศ์หรือพืชบางสกุลได้ โดยพบขนแบบเซลล์เดี่ยว ขนแบบหลายเซลล์ ปลายขนเรียวแหลม ในพืชสกุล *Borreria* และ *Mussaendra* จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าพืชบางชนิดมีลักษณะเฉพาะที่สามารถแยกออกจากกลุ่มที่ศึกษาทั้งหมดได้ เช่น ใช้ลักษณะของขนรูปโกลีในการระบุชนิดของ *Cynanchum pulchellum* ได้

4. รูปแบบของปากใบ การศึกษาครั้งนี้พบปากใบเพียงชนิดเดียว คือ แบบพาราไซติก ส่วนใหญ่พบที่ผิวใบด้านล่าง โดยมีความหนาแน่นของปากใบที่ผิวใบด้านบนเฉลี่ยมากที่สุด 148.0 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร มีความหนาแน่นของปากใบที่ผิวใบด้านบนเฉลี่ยน้อยที่สุด 9.5 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร และมีความหนาแน่นของปากใบที่ผิวใบด้านล่างเฉลี่ยมากที่สุด 378.6 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร มีความหนาแน่นของปากใบที่ผิวใบด้านล่างเฉลี่ยน้อยที่สุด 22.5 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร สอดคล้องกับการศึกษาของ Pant and Mehra (1965) ซึ่งศึกษาพัฒนาการของปากใบในพืชวงศ์เข็ม พบว่าพืชสกุลเข็มขาวส่วนใหญ่มีปากใบที่ผิวใบด้านล่าง (hypostomatic leaf) พบพืช 2 ชนิดที่มีปากใบทั้งสองด้าน (amphistomatic leaf) ได้แก่ *Pavetta edentula* และ *P. zeyheri* และสอดคล้องกับการศึกษาของ วิโรจน์ เกสรบัว (2547) ซึ่งศึกษาพืชสกุลยอ (*Morinda* L.) ในประเทศไทย พบว่ากายวิภาคศาสตร์ของพืชสกุลนี้ มีรูปร่างเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นคิวทินด้านล่างรูปร่างไม่แน่นอน ปากใบเป็นแบบพาราไซติกส่วนใหญ่พบที่เนื้อเยื่อชั้นคิวทินด้านล่าง

5. สารสะสม จากการศึกษาพบสารสะสมภายในเซลล์ ได้แก่ ผลึกรูปปริซึม ผลึกรูปดาว ผลึกรูปเม็ดทราย ผลึกรูปเข็ม ผลึกรูปแท่ง พบเซลล์เม็ดน้ำมันและเซลล์สะสมสารดีดส์แดงเข้ม วิโรจน์ เกสรบัว (2547) ศึกษาลักษณะกายวิภาคศาสตร์แผ่นใบของพืชสกุลยอ วงศ์เข็มในประเทศไทย พบสารสะสมผลึกรูปเข็มรวมกันเป็นก้อนหรือเป็นแท่งแคบยาวกระจายประปรายทั่วไปในพืชที่ศึกษา พืชสกุล *Virectaria* ซึ่งศึกษาโดย Dessein et al. (2001) พบว่าพืชสกุลนี้มีผลึกแบบรูปแท่งและรูปดาวกระจายอยู่ประปราย แต่พืชสกุล *Morinda* มีเฉพาะผลึกรูปแท่งเท่านั้น ทั้งนี้พืชที่นำมาศึกษา มีความแตกต่างกันของสภาพแวดล้อมของถิ่นที่อาศัย ทำให้มีผลต่อการมีหรือไม่มีสารสะสมผลึก

การที่พบลักษณะที่มีความแตกต่างกันและพบลักษณะเพิ่มเติมจากที่มีการรายงานไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพืชที่นำมาศึกษา มีความแตกต่างกันในด้านชนิดพืชจึงมีลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ที่แตกต่างกัน รวมถึงลักษณะบางประการของพืชบางชนิด อาจมีความแปรผันตามสิ่งแวดล้อม จากการศึกษาลักษณะกายวิภาคศาสตร์เนื้อเยื่อชั้นคิวทินในครั้งนี้จึงมีความสำคัญต่ออนุกรมวิธานอย่างมาก เนื่องจากสามารถนำไปใช้ในการระบุพืชบางชนิดหรือบางสกุลได้ โดยสามารถสร้างรูปวิธานเพื่อใช้ระบุพืชวงศ์เข็มในมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ดได้ ดังรูปวิธานต่อไปนี้

รูปวิธานสำหรับการระบุชนิด

- 1. เซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นคิวทินทั้งสองด้านรูปร่างคล้ายกัน.....2
- 1. เซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นคิวทินทั้งสองด้านรูปร่างต่างกัน.....9
- 2. เซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นคิวทินมีรูปร่างไม่แน่นอน.....3
- 2. เซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นคิวทินมีรูปร่างอื่น.....5
- 3. มีขนเซลล์เดี่ยว.....*Mussaenda philippica*
- 3. ไม่มีขน.....4
- 4. มีสารสะสมเป็นผลึกรูปเม็ดทราย.....*Ixora lobbii*
- 4. มีสารสะสมเป็นเม็ดน้ำมัน.....
.....*Gardenia jasminoides*
- 5. เซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นคิวทินรูปร่างคล้ายจิกชอร์.....6
- 5. เซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นคิวทินรูปร่างหลายเหลี่ยม.....8
- 6. มีขนเซลล์เดี่ยว.....7
- 6. มีขนหลายเซลล์.....*Ridsdalea wittii*
- 7. มีสารสะสมเป็นผลึกรูปปริซึมที่ผิวใบด้านล่าง...
.....*Oldenlandia corymbosa*
- 7. ไม่มีสารสะสมเป็นผลึกรูปปริซึมที่ผิวใบด้านล่าง

..... <i>Mitracarpus hirtus</i>	14. ไม่มีขน..... <i>Gardenia carinata</i>
8. มีสารสะสมเป็นผลึกรูปเม็ดทราย.....	15. มีผิวเคลือบคิวทินเป็นริ้วเรียงขนาน.....
..... <i>Catunaregam tomentosa</i>16
8. มีสารสะสมเป็นผลึกรูปเข็ม..... <i>Ixora</i>	15. ผิวเคลือบคิวทินเป็นผิวเรียบ.....
<i>chinensis</i> <i>Mitragyna speciosa</i>
9. เนื้อเยื่อชั้นผิวใบมีปากใบทั้งสองด้าน.....10	16. ผิวเคลือบคิวทินเป็นริ้วเรียงขนาน.....
9. เนื้อเยื่อชั้นผิวใบมีปากใบเฉพาะด้านล่าง.....11 <i>Cynanchum pulchellum</i>
10. มีขนเซลล์เดี่ยว..... <i>Spermacoce remota</i>	16. ผิวเคลือบคิวทินเป็นปุ่ม.....17
10. มีขนหลายเซลล์..... <i>Spermacoce latifolia</i>	17. มีขนเซลล์เดี่ยวที่ผิวใบด้านบน.....18
11. มีสารสะสม.....12	17. ไม่มีขนเซลล์เดี่ยวที่ผิวใบด้านบน.....19
11. ไม่มีสารสะสม.....15	18. ขนมีความยาวน้อยกว่า 10 μm
12. มีสารสะสมเป็นเม็ดน้ำมัน.....13 <i>Hedyotis ovatifolia</i>
12. มีสารสะสมเป็นผลึกรูปเม็ดทราย.....	18. ขนมีความยาวมากกว่า 100 μm
..... <i>Morinda citrifolia</i> <i>Hamelia patens</i>
13. ผิวเคลือบคิวทินเป็นริ้วเรียงขนาน.....	19. มีเซลล์สะสมสารติดสีแดงเข้มที่ผิวใบด้านบน.....
..... <i>Morinda pubescens</i> <i>Oldenlandia biflora</i>
13. ผิวเคลือบคิวทินเป็นผิวเรียบ.....14	19. ไม่มีเซลล์สะสมสารติดสีแดงเข้มที่ผิวใบด้านบน..
14. มีขนหลายเซลล์..... <i>Hedyotis pachycarpa</i> <i>Paederia linearis</i>

Table 2 Comparison of characteristics of leaf surface on adaxial side in family Rubiaceae

Scientific name	Epidermal cell			Stomata			Trichome			Cuticular ornamentation	Inclusion		
	Epidermal cell density (cell/mm ²)	Cell shape	Anticlinal wall	Type	Stomatal density (number/mm ²)	SI (%)	Guard cell length (µm)	Type	Length (µm)			Trichome density (number/mm ²)	
													RD
1. <i>Catunaregam tomentosa</i>	663.8±2.71	PO	S	-	-	-	-	-	-	-	SM	SC	+
2. <i>Cynanchum pulchellum</i>	879.3±2.69	IR	U	-	-	-	-	PT	86.0±0.33	3.2	ST	-	-
3. <i>Gardenia carinata</i>	842.0±3.43	PO	S	-	-	-	-	TU	30.0±2.80	1.4	SM	DC	-
4. <i>G. jasminoides</i>	497.3±1.62	IR	U	-	-	-	-	-	-	-	SM	OI	-
5. <i>Hedyotis pachycarpa</i>	779.7±4.04	IR	U	-	-	-	-	TU	143.2±3.51	142.3	PL	-	-
6. <i>H. ovatifolia</i>	182.7±3.05	PO	S	-	-	-	-	TM	3.0±1.00	3.2	SM	OI	-
7. <i>Hamelia patens</i>	611.0±1.79	PO	U	-	-	-	-	TU	1.6±2.18	1.0	PL	-	-
8. <i>Ixora lobbii</i>	964.0±0.64	IR	U	-	-	-	-	-	-	-	ST	SC	+
9. <i>I. chinensis</i>	908.7±2.21	PO	S	-	-	-	-	-	-	-	SM	DC, OI	+
10. <i>Mitracarpus hirtus</i>	162.3±2.54	Jl	U	PA	11.7±2.08	6.72	34.5±3.97	TU	15.3±3.23	15.3	PL	OI	-
11. <i>Mitragyna speciosa</i>	967.0±1.52	PO	S	-	-	-	-	-	-	-	SM	-	-
12. <i>Morinda citrifolia</i>	530.3±1.50	PO	S	-	-	-	-	-	-	-	SM	RP, SL	-
13. <i>M. pubescens</i>	875.3±5.98	PO	S	-	-	-	-	TU	4.9±0.24	6.8	ST	PR	-
14. <i>Mussaenda philippica</i>	1,139.3±3.03	IR	U	-	-	-	-	TU	440.7±4.24	15.7	SM	-	+
15. <i>Oldenlandia biflora</i>	207.6±2.14	PO	S	-	-	-	-	-	-	-	PL	-	+
16. <i>O. corymbosa</i>	326.2±1.09	Jl	S	-	-	-	-	TU	9.0±2.08	9.1	PL	-	-
17. <i>Paederia linearis</i>	378.3±2.37	PO	S	-	-	-	-	-	-	-	PL	-	-
18. <i>Rohmannia wittii</i>	622.0±5.71	Jl	U	PA	9.5±3.54	1.50	25.5±1.41	TM	382.3±5.82	11.3	SM	-	+
19. <i>Spermacoce remota</i>	337.7±1.01	PO	S	PA	148.0±4.18	30.47	27.8±4.07	TU	1.18±2.73	1.2	ST	-	+
20. <i>S. latifolia</i>	616.3±2.55	PO	S	PA	54.33±5.02	8.10	23.3±2.84	TM	8.3±1.53	8.5	PL	-	-

Note: - = Epidermal cell shape: IR = irregular shaped, Jl = jigsaw like shaped, PO = polygonal shaped, Anticlinal wall: S = straight, U = undulate, Stomatal type: PA = paracytic, Trichome: TM = multicellular hair, TU = unicellular hair, PT = peltate hair, Cuticular ornamentation: SM = smooth, ST = striated, PL = papillose, Inclusion: PR = prismatic crystal, DC = druse, SC = sand crystal, RP = raphide crystal, SL = styloid crystal, OI = oil body, RD = red staining inclusion cell, (+ = present; - = absent)

Table 3 Comparison of characteristics of leaf surface on abaxial side in family Rubiaceae

Scientific name	Epidermal cell			Stomata			Trichome			Cuticular ornamentation			Inclusion
	Epidermal cell density (cell/mm ²)	Cell shape	Anticlinal wall	Type	Stomatal density (number/mm ²)	SI (%)	Guard cell length (µm)	Type	Length (µm)	Trichome density (number/mm ²)	ornamentation	Type	
	RD	RD	RD	RD	RD	RD	RD	RD	RD	RD	RD	RD	
1. <i>Catunaregam tomentosa</i>	517.7±3.39	PO	S	PA	360.3±1.13	41.03	24.2±1.61	-	-	-	SM	SC	+
2. <i>Cynanchum pulchellum</i>	696.8±3.75	Jl	U	PA	156.3±1.59	18.32	26.7±1.44	-	-	-	ST	-	-
3. <i>Gardenia carinata</i>	541.6±2.19	IR	U	PA	236.0±4.57	30.35	19.7±2.75	-	-	-	SM	DC, SC, OI	+
4. <i>G. jasminoides</i>	493.6±1.16	IR	U	PA	342.6±1.03	40.97	23.3±2.52	-	-	-	SM	-	-
5. <i>Hedyotis pachycarpa</i>	383.5±6.55	Jl	U	PA	60.8±4.50	13.68	209.0±6.05	TU	107.3±2.77	143.0	SM	-	-
6. <i>H. ovatifolia</i>	124.0±4.33	Jl	U	PA	105.7±1.40	46.02	32.0±4.77	TM	264.5±4.47	6.7	SM	OI	-
7. <i>Hamelia patens</i>	918.7±5.50	IR	S	PA	22.5±1.32	2.40	94.3±6.24	TU	10.7±2.08	10.7	SM	-	-
8. <i>Ixora lobbii</i>	542.6±5.97	IR	U	PA	181.1±9.97	25.02	33.8±3.51	-	-	-	ST	SC	-
9. <i>I. chinensis</i>	581.0±2.82	PO	S	PA	217.6±2.9	27.25	21.7±2.36	TU	23±1.41	1.0	ST	DC, OI	+
10. <i>Mitracarpus hirtus</i>	145.4±2.51	Jl	U	PA	66.5±2.24	31.38	44.6±3.33	TU	9.3±3.51	9.3	SM	-	-
11. <i>Mitragyna speciosa</i>	818.2±1.36	IR	U	PA	177.5±7.21	17.83	32.6±0.63	TU	70.5±3.09	10.3	SM	-	-
12. <i>Morinda citrifolia</i>	399.0±5.65	IR	U	PA	160.3±14.57	32.10	29.5±4.5	-	-	-	SM	SC	-
13. <i>M. pubescens</i>	454.3±3.53	IR	U	PA	216.7±4.04	35.12	24.8±2.47	TU	5.7±0.58	8.8	ST	OI	-
14. <i>Mussaenda philippica</i>	811.3±1.01	IR	U	PA	378.6±4.59	31.82	16.2±2.65	TU	321.3±2.3	21.7	SM	-	+
15. <i>Oldenlandia biflora</i>	212.6±4.23	Jl	U	PA	128.6±3.52	37.69	31.8±1.53	-	-	-	SM	-	-
16. <i>O. corymbosa</i>	456.1±1.70	Jl	U	PA	259.3±4.83	36.25	24.7±2.52	TU	1.7±0.64	1.6	ST	OI, PR, RP	+
17. <i>Paederia linearis</i>	461.3±2.50	IR	S	PA	78.0±3.61	14.46	17.7±1.50	TM	557.3±9.73	2.3	SM	-	-
18. <i>Rothmannia wittii</i>	486.7±2.77	Jl	U	PA	224.3±2.50	31.54	27.5±0.50	TM	498.3±5.08	22.3	SM	-	-
19. <i>Spermacoce remota</i>	343.6±2.84	IR	U	PA	249.5±3.35	42.07	34.7±1.61	TU	1.45±0.84	1.6	ST	PR	+
20. <i>S. latifolia</i>	603.2±1.82	Jl	U	PA	238.3±3.07	28.32	22.6±2.08	TM	9.3±2.52	9.3	SM	-	-

Note: - = Epidermal cell shape : IR = irregular shaped, Jl = jigsaw like shaped, PO = polygonal shaped, **Anticlinal wall** : S = straight, U = undulate, **Stomatal type** : PA = paracytic, **Trichome** : TM = multicellular hair, TU = unicellular hair, PT = peltate hair, **Cuticular ornamentation** : SM = smooth, ST = striated, **Cell inclusion** : PR = prismatic crystal, DC = druse, SC = sand crystal, RP = raphide crystal, OI = oil body, RD = red staining inclusion cell, (+ = present; - = absent)

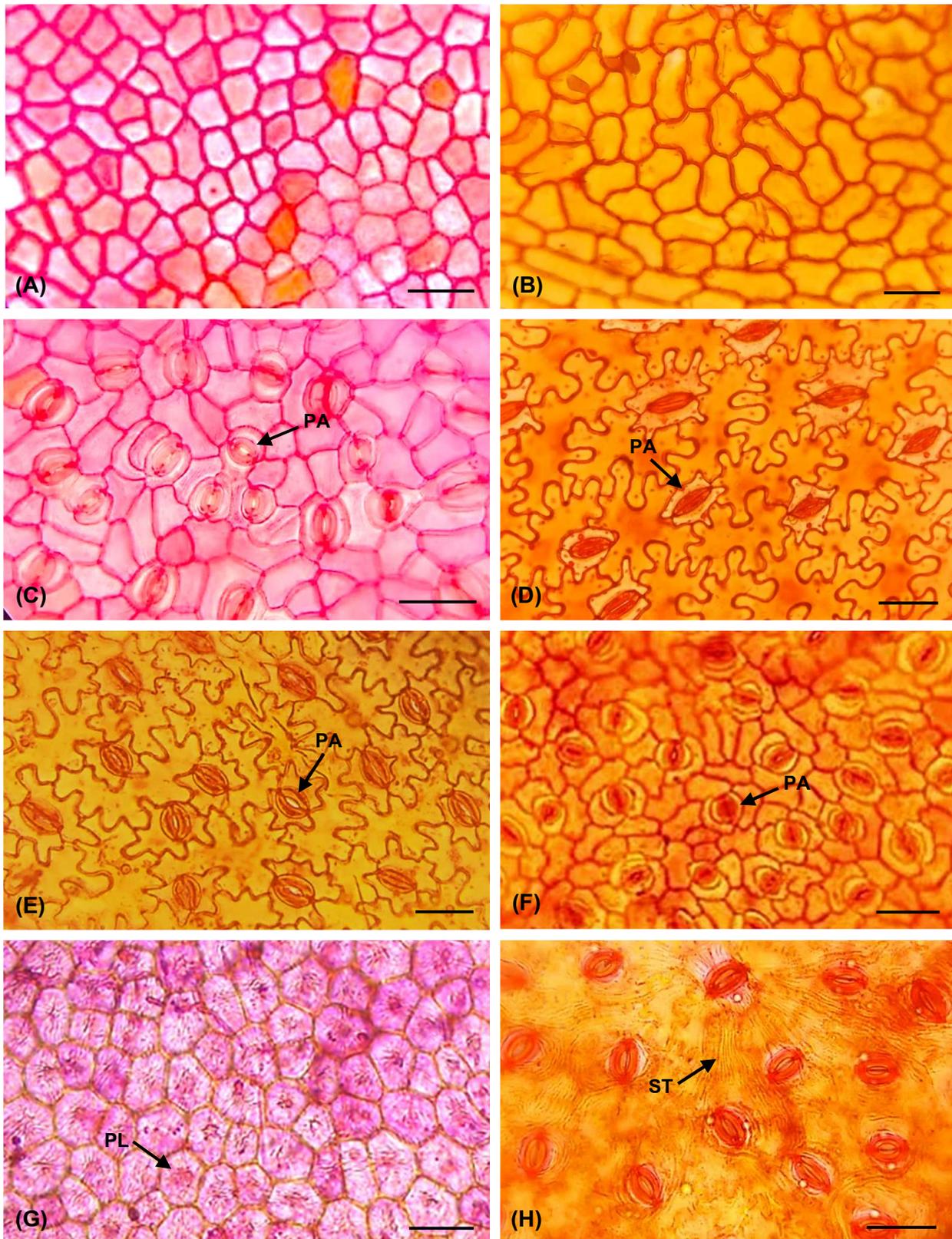


Figure 1 Leaf epidermal anatomy of the family Rubiaceae. (A) Polygonal shaped cells on adaxial surface of *Ixora chinensis*. (B) Irregular shaped cells on adaxial surface of *Ixora lobbii*. (C) Paracytic stomata on abaxial surface of *Ixora chinensis*, (D) *Oldenlandia biflora*, (E) *Oldenlandia corymbosa*, (F) *Gardenia carinata*. (G) Papillose cuticle on adaxial surface of *Hamelia patens*. and (H) Striated cuticle on abaxial surface of *Cynanchum pulchellum*. scale bar = 50 μm . PA = Paracytic stomata, PL = Papillose cuticle, ST = Striated cuticle.

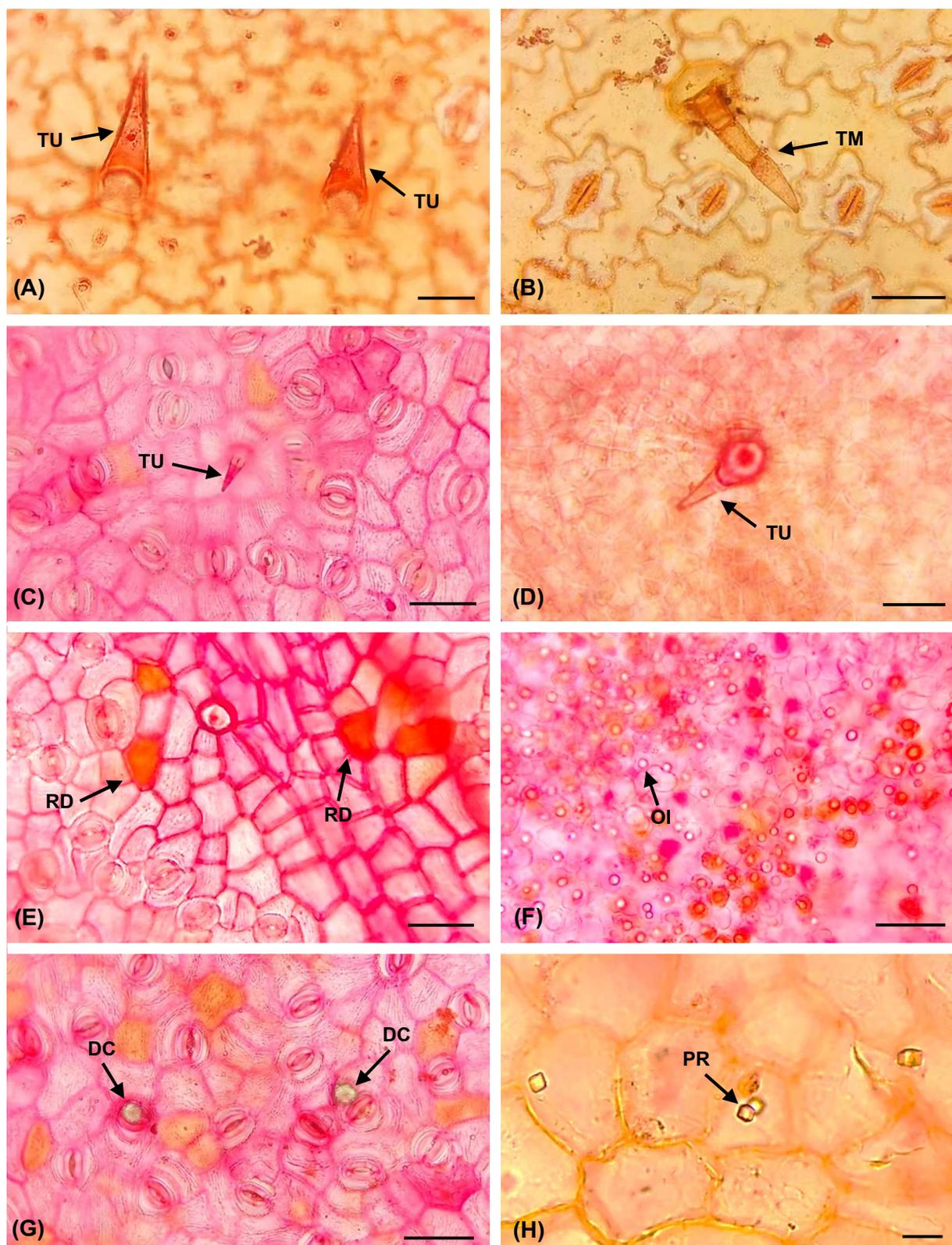


Figure 2 Leaf epidermal anatomy of the family Rubiaceae. (A) Unicellular trichomes on adaxial surface of *Mitracarpus hirtus*. (B) Multicellular trichomes on abaxial surface of *Hedyotis ovatifolia*. (C) Unicellular trichomes on abaxial surface of *Ixora chinensis*. (D) Unicellular trichomes on adaxial surface of *Gardenia carinata*. (E) Red staining inclusion cell, (F) Oil body, (E) Druse crystals on abaxial surface of *Ixora chinensis*. and (H) Prismatic crystal on adaxial surface of *Morinda pubescens*. scale bar = 50 μm . DC = Druse crystal, OI = Oil body, PR = Prismatic crystal, RD = Red staining inclusion cell, TM = Multicellular hair, TU = Unicellular hair.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- จำลอง เพ็งคล้าย, จรัส จ. เจริญผล, ลีนา ผู้พัฒนพงศ์ และธวัชชัย สันติสุข. (2518). *ไม่มีค่าทางเศรษฐกิจไทย ตอนที่ 1*. โรงพิมพ์สำนักทำเนียบนายกรัฐมนตรี.
- ปริมประภา ภู่งสี. (2561). *กายวิภาคศาสตร์เปรียบเทียบพืชสกุลหญ้าอ้อยก่า (วงศ์เข็ม) ในประเทศไทย* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม].
- วิโรจน์ เกสรบัว. (2547). *พืชสกุลยอ (Morinda L.) ในประเทศไทย* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น].
- สุรินทร์ แข่งขัน, ดวงใจ สุขเฉลิม และสุวิทย์ แสงทองพราว. (2555). การศึกษาอนุกรมวิธานของพืชวงศ์เข็ม ในบางพื้นที่ของอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา. *วารสารวิจัยพืชเขตร้อน*, 5, 64–79.
- อุไรวรรณ กุลชัย. (2554). *พืชมีขนที่สำรวจพบในบริเวณแอ่งน้ำอำเภอลาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เพื่อสนับสนุนนิติวิทยาศาสตร์* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์].
- Dessein, S. J., Huysmans, S., Robbrecht, E., & Smets, E. (2001). A morphological and anatomical survey of *Virectaria* (African Rubiaceae), with a discussion of its taxonomic position. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 137, 1–29.
- Dickison, W. C. (2000). *Integrative plant anatomy*. Academic Press.
- Gardner, P. T., Tamsin, T. C., White, A. C., McPhail, D. B., & Duthie, G. D. (2000). The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chemistry*, 68, 471–474.
- Jones, S. B., Jr., & Luchsinger, A. E. (1987). *Plant systematics* (2nd ed.). McGraw-Hill
- Mabberley, J. F. (1997). *The plant-book: A portable dictionary of the higher plants*. Cambridge University Press.
- Metcalf, C. R., & Chalk, L. (1950). *Anatomy of the dicotyledons* (Vol. 1). Clarendon Press.
- Metcalf, C. R., & Chalk, L. (1957). *Anatomy of the dicotyledons* (Vol. 1). Oxford University Press.
- Pant, D. D., & Mehra, B. (1965). Ontogeny of stomata in some Rubiaceae. *Phytomorphology*, 15, 300–310.
- Puff, C., Chayamarit, K., & Chamchumroon, V. (2005). *Rubiaceae of Thailand: A pictorial guide to indigenous and cultivated genera*. The Forest Herbarium, National Park, Wildlife and Plant Conservation Department.
- Puff, C., Chayamarit, K., Chamchumroon, V., & Esser, H. J. (2021). Rubiaceae (Genera 1–45). In K. Chayamarit & H. Balslev (Eds.), *Flora of Thailand* (Vol. 15, Part 1, pp. 1–235). Prachachon.
- Salisbury, E. J. (1927). On cause and ecological significance of stomata frequency with special reference to woodland flora. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*.
- Stace, C. A. (1965). Cuticular studies as an aid to plant taxonomy. *The Bulletin of the British Museum (Natural History)*, 4, 37–40.