วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 28 (ฉบับที่ 1) มกราคม – เมษายน พ.ศ. 2566
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 28 (No.1) January – April 2023 บทความวิจัย

กายวิภาคศาสตร์เปรียบเทียบลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่บางชนิดจาก 7 วงศ์

Comparative Stem Anatomy of Some Dicotyledon Plants from 7 Families

สมบัติ สิงหาแก้ว[1], อัสนีย์ เหมกระศรี[1] และ เจษฎา แพนาค[2*]

Sombat Singhakaew[1], Assanee Hamkrasri[1] and Chetsada Phaenark[2*]

[1] *ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล*

[2] *สาขาวิชาชีววิทยาเชิงอนุรักษ์ กลุ่มสาขาวิชาสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี*

[1] *Department of Biology, Faculty of Science, Mahidol University*

[2] *Division of Conservation Biology, School of Interdisciplinary Studies, Mahidol University, Kanchanaburi Campus*

Received : 29 June 2022

Revised : 2 October 2022

Accepted : 17 October 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของลำต้นพืชบางชนิดจากวงศ์แตกต่างกัน โดยนำตัวอย่างลำต้นพืช 23 ชนิด (3 – 4 ชนิดในแต่ละวงศ์) จาก 7 วงศ์ (วงศ์บานไม่รู้โรย วงศ์ทานตะวัน วงศ์แตง วงศ์ยางพารา วงศ์ถั่ว วงศ์กะเพรา และวงศ์พริกไทย) มาผ่านกระบวนการเตรียมเนื้อเยื่อด้วยวิธีพาราฟินเพื่อเตรียมสไลด์ถาวรที่แสดงภาคตัดขวางเนื้อเยื่อลำต้น และศึกษาลักษณะการจัดเรียงเนื้อเยื่อถาวรและเนื้อเยื่อท่อลำเลียงในลำต้นพืชชนิดต่าง ๆ ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการจัดเรียงเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาในพืชวงศ์ต่าง ๆ มีรูปแบบแตกต่างกัน เช่น สเกลอเรงคิมาเป็นกลุ่มติดกับโฟลเอ็มในพืชวงศ์ทานตะวัน สเกลอเรงคิมาเรียงเป็นวงรอบลำต้นในชั้นคอร์เทกซ์ในพืชวงศ์แตง สเกลอเรงคิมาเรียงตัวต่อเนื่องเป็นแถบล้อมรอบไส้ไม้ในพืชวงศ์พริกไทย เป็นต้น การเรียงตัวของเนื้อเยื่อระบบท่อลำเลียงในพืชต่างวงศ์มีรูปแบบแตกต่างกัน เช่น มัดท่อลำเลียงกระจายรอบลำต้นในพืชวงศ์ทานตะวัน มัดท่อลำเลียงแทรกไปในไส้ไม้ในพืชวงศ์บานไม่รู้โรยและวงศ์พริกไทย มัดท่อลำเลียงมีโฟลเอ็มสองกลุ่มในพืชวงศ์แตง เป็นต้น การพิจารณารูปแบบการจัดเรียงของเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาและเนื้อเยื่อระบบท่อลำเลียงซึ่งมีลักษณะคล้ายกันในพืชจากวงศ์เดียวกันและแตกต่างชัดเจนจากพืชวงศ์อื่นสามารถนำไปใช้ระบุชนิดหรือจำแนกพืชในวงศ์ต่าง ๆ ได้ โครงสร้างเนื้อเยื่อในลำต้นซึ่งมีลักษณะเฉพาะและแตกต่างกันในพืชวงศ์ต่าง ๆ นำไปใช้ประโยชน์เพื่อการระบุชนิด การเรียนการสอน และการศึกษาด้านอนุกรมวิธาน

คำสำคัญ : กายวิภาคศาสตร์ ; เนื้อเยื่อถาวร ; เนื้อเยื่อลำต้น ; เนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมา ; ระบบเนื้อเยื่อลำเลียง

Abstract

The objective of this research was to compare the anatomy of selected plant stems from different families. The specimens were 23 collected plant stems (3-4 species per each family) from 7 families (Amaranthaceae, Asteraceae, Cucurbitaceae, Euphorbiaceae, Leguminosae-Papilionoideae, Lamiaceae, and Piperaceae). The specimens were subjected to paraffin-based tissue preparation in preparation of permanent slides displaying cross-sections of stem tissue suitable for the study of arrangement of permanent tissues and vascular tissues in different plant stems using light microscopy. The results showed that sclerenchyma tissue arrangements were different in plants of different families, for example, in Asteraceae, the sclerenchyma forms clusters adjacent to the phloem structure. The sclerenchyma of Cucurbitaceae plants is circumferentially arranged in the cortex. In Piperaceae, the sclerenchyma is organized as a continuous band around the pit. The arrangement of the vascular tissues is also different in various families, for example, the vascular bundle spreads around the stem in the Asteraceae family. The vascular bundle penetrates into the pit of the Amaranthaceae and Piperaceae plants. While plants of the Cucurbitaceae family contain two groups of phloem (bicollateral bundle). Sclerenchyma and vascular organization, which are conserved in plants of the same family and distinctive from that of other families, can be exploited in identification and classification of the unknown plants. The unique tissue structures in the stem of plants from different family could also be fruitful for species identification, teaching and taxonomic studies

Keywords : anatomy ; permanent tissue ; stem tissue ; sclerenchyma tissue ; vascular tissue system

***Corresponding author. E-mail :** chetsada.pha@mahidol.ac.th

บทนำ

พืชเป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ (multicellular organism) ซึ่งมีการจัดระบบเนื้อเยื่อเพื่อทำหน้าที่ต่าง ๆ ในการดำรงชีวิต โดยทั่วไประบบเนื้อเยื่อในพืชจะมี 3 ระบบสำคัญ ประกอบด้วย (1) ระบบเนื้อเยื่อผิว (dermal tissue system) เป็นกลุ่มของเซลล์ที่รวมตัวปกคลุมผิวภายนอก ทำหน้าที่ปกป้องส่วนต่าง ๆ ที่อยู่ภายในของพืช (2) ระบบเนื้อเยื่อพื้น (ground tissue system) เป็นเนื้อเยื่อส่วนใหญ่ที่มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่ต่าง ๆ เช่น ผลิตอาหารในกระบวนการสังเคราะห์แสง เก็บสะสมอาหาร เป็นต้น และ (3) ระบบเนื้อเยื่อท่อลำเลียง (vascular tissue system) เป็นกลุ่มของเซลล์ที่มีการเชื่อมต่อเนื่องไปทั่วตั้งแต่ราก ลำต้น และใบ ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำ แร่ธาตุ หรือสารอาหาร ในส่วนต่าง ๆ ของพืช ทั้งใบ ลำต้น และราก จะประกอบด้วยเนื้อเยื่อทั้งสามระบบ (Sachs, 1875; Kermanee, 2017) เนื้อเยื่อถาวรเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ในพืชโดยสามารถจำแนกจากตำแหน่งที่พบ รูปร่างเซลล์ และลักษณะของผนังเซลล์ (Evert, 2006; Kermanee, 2017) ลำต้นพืชประกอบด้วยเนื้อเยื่อถาวรหลายประเภท ได้แก่ (1) เนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis) ส่วนใหญ่มีการเรียงตัวของเซลล์ชั้นเดียวล้อมรอบลำต้น บางเซลล์อาจพัฒนาไปเป็นขน (2) เนื้อเยื่อคอลเลงคิมา (collenchyma) ประกอบด้วยเซลล์มีชีวิตมักพบอยู่ใต้เนื้อเยื่อชั้นผิว เซลล์คอลเลงคิมามีผนังเซลล์ปฐมภูมิหนาไม่สม่ำเสมอ (3) เนื้อเยื่อพาเรงคิมา (parenchyma) ประกอบด้วยเซลล์มีชีวิต ผนังเซลล์ปฐมภูมิบาง มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกัน เป็นเนื้อเยื่อพื้นฐานที่พบในชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) และไส้ไม้ (pith) หากประกอบด้วยเซลล์มีคลอโรพลาสต์จำนวนมากอาจเรียกว่าเนื้อเยื่อคลอเรงคิมา (chlorenchyma) (4) เนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมา (sclerenchyma) ประกอบด้วยเซลล์ที่มีผนังหนาซึ่งเกิดจากการสะสมของผนังเซลล์ทุติยภูมิ เซลล์ที่เจริญเติบโตเต็มที่จะเกิดการสลายตัวของโพรโทพลาสต์คงเหลือแต่ผนังเซลล์จึงเป็นเซลล์ไม่มีชีวิต ระบบเนื้อเยื่อท่อลำเลียง (vascular tissue system) ในลำต้นพืชประกอบด้วย (1) ไซเล็ม (xylem) ซึ่งประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด ส่วนใหญ่เป็นเซลล์ไม่มีชีวิต เช่น เซลล์ท่อลำเลียงน้ำ (vessel and tracheid) เซลล์เส้นใย เป็นต้น ยกเว้นเซลล์พาเรงคิมาเป็นเซลล์มีชีวิต (2) โฟลเอ็ม (phloem) ประกอบด้วยเซลล์มีชีวิตหลายชนิด เช่น เซลล์ท่อลำเลียงอาหาร (sieve element) เซลล์ประกอบ (companion cell) เซลล์พาเรงคิมา (parenchyma) ยกเว้นเซลล์เส้นใย (fiber) เป็นเซลล์ไม่มีชีวิต (Evert, 2006; Kermanee, 2017) พืชแต่ละชนิดจะมีการจัดเรียงเนื้อเยื่อท่อลำเลียงรูปแบบเฉพาะเนื่องจากเป็นลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม

กายวิภาคศาสตร์พืช (plant anatomy) เป็นการศึกษาโครงสร้างหรือการจัดเรียงเนื้อเยื่อในส่วนต่าง ๆ ของพืช ในกระบวนการเตรียมสไลด์เนื้อเยื่อพืชสำหรับศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ต้องมีการย้อมสีซึ่งทำให้การศึกษาเนื้อเยื่อมีความชัดเจน สีซาฟรานีนและฟาสต์กรีน (Safranin – Fast green) นิยมนำมาใช้ย้อมเนื้อเยื่อพืช สีซาฟรานีน (Safranin) จะย้อมติดสารประกอบพวกลิกนิน ซูเบอร์ริน และคิวติน มักพบในผนังเซลล์ทุติยภูมิ (secondary cell wall) เซลล์ที่มีผนังเซลล์ทุติยภูมิจะติดสีชมพูหรือแดง การใช้สีย้อมซาฟรานีนจะทำให้ระบุเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาและเซลล์เวสเซลซึ่งมีผนังเซลล์ทุติยภูมิได้ชัดเจน สีฟาสต์กรีน (Fast green) จะย้อมติดส่วนที่มีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบ ไซโตพลาสซึม และโครงสร้างปฐมภูมิ (Johansen, 1940; Kermanee, 2008; Kidyoo, 2009) การศึกษากายวิภาคศาสตร์พืชสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการระบุชนิด (identification) และการจัดหมวดหมู่หรืออนุกรมวิธาน (taxonomy) เนื่องจากโครงสร้างหรือรูปแบบการจัดเรียงเนื้อเยื่อและเซลล์ภายในพืชเป็นลักษณะที่มีการถ่ายทอดทางพันธุกรรม โครงสร้างเนื้อเยื่อจะมีลักษณะเฉพาะในพืชแต่ละชนิด (Evert,

2006; Mauseth, 1988; Rudall, 2020) โดยทั่วไปการระบุชนิดพืชและการจัดจำแนกพืชจะใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาเป็นหลัก อย่างไรก็ตามพืชที่มีลักษณะสัณฐานวิทยาใกล้เคียงกันมากอาจจำเป็นต้องใช้ข้อมูลกายวิภาคศาสตร์มาประกอบในการจัดจำแนกให้มีความถูกต้อง ปัจจุบันมีรายงานการศึกษากายวิภาคศาสตร์เนื้อเยื่อผิวใบเพื่อการระบุชนิดและอนุกรมวิธานในพืชบางสกุลหรือวงศ์ เช่น สกุลมะพลับ (Piya & Srinual, 2020) สกุลบานไม่รู้โรย (Chapakiya *et al*., 2020) วงศ์กระดังงา (Piyapaparpun & Srinual, 2015) วงศ์มะขามป้อม (Promsing *et al*., 2016) วงศ์ลีลาวดี (Malimart *et al*., 2018) วงศ์ถั่ว (Khonkayan *et al*., 2021) เป็นต้น การศึกษากายวิภาคศาสตร์ลำต้นพืชเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญร่วมกับการศึกษาสัณฐานวิทยาเพื่อสนับสนุนการระบุชนิดพันธุ์หรือการจำแนกพืชให้มีประสิทธิภาพ ในปัจจุบันพบรายงานการศึกษากายวิภาคศาสตร์ลำต้นพืชในวงศ์ต่าง ๆ จำนวนน้อย งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างเนื้อเยื่อลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่จากวงศ์ต่าง ๆ ประกอบด้วย วงศ์บานไม่รู้โรย (Amaranthaceae) วงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) วงศ์แตง (Cucurbitaceae) วงศ์ยางพารา (Euphorbiaceae) วงศ์ถั่ว (Fabaceae/Leguminosae-Papilionoideae) วงศ์กะเพรา (Lamiaceae) และ วงศ์พริกไทย (Piperaceae) การศึกษากายวิภาคศาสตร์ลำต้นพืชนอกจากสามารถใช้ประโยชน์ในการระบุชนิดพืชและสนับสนุนการจัดจำแนกพืชหรืองานด้านอนุกรมวิธาน แล้วยังเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

วิธีดำเนินการวิจัย

ตัวอย่างพืชที่ใช้ในการศึกษา

ตัวอย่างลำต้นพืชจำนวน 23 ชนิด ใน 7 วงศ์ (Table 1) ที่นำมาใช้ในการศึกษานี้ เก็บรวบรวมจากจังหวัดกรุงเทพมหานคร การเก็บตัวอย่างลำต้นพืชจะเลือกเก็บบริเวณข้อที่ 3 – 5 จากปลายยอด โดยใช้ใบมีดโกนตัดลำต้นตามขวางมีความยาวประมาณ 3 – 5 มิลลิเมตร แช่ในน้ำยารักษาสภาพ Formalin-Acetic Acid-Alcohol (FAA) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำไปผ่านกระบวนการเตรียมเนื้อเยื่อเพื่อเตรียมสไลด์สำหรับศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์

กระบวนการเตรียมเนื้อเยื่อลำต้น และการศึกษาในห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างลำต้นพืชที่รักษาสภาพจะนำมาผ่านกระบวนการเตรียมสไลด์สำหรับศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Johansen, 1940; Kermanee, 2008) ตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้ *(1) การดึงน้ำออก (dehydration)* โดยแช่ตัวอย่างในสารละลายแอลกอฮอล์ผสมระหว่างเอทานอล (CH_3CH_2OH; Merck) และบิวทานอล ($(CH_3)_3COH$; Fisher chemical) ที่ระดับความเข้มข้น 70, 85, 95 และ 100% ตามลำดับ แช่ตัวอย่าง 12 ชั่วโมงในแต่ละระดับความเข้มข้น จากนั้นแช่ตัวอย่างในสารละลายบิวทานอลบริสุทธิ์ *(2) การแทรกซึมและฝังตัวอย่าง (infiltration and embedment)* โดยถ่ายตัวอย่างพืชลงในขวดแก้วบรรจุพาราพลาสต์พลัสต์ (Paraplast Plus: Oxford) เก็บในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เปลี่ยนพาราพลาสต์ใหม่ทุกวันเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นฝังตัวอย่างลงในแบบพิมพ์ที่มีพาราพลาสต์เหลว แล้วทำให้แข็งตัวอย่างรวดเร็วด้วยความเย็น *(3) การตัดเนื้อเยื่อเป็นแผ่นบาง (sectioning)* โดยตัดตัวอย่างลำต้นตามขวางด้วยเครื่องตัดชิ้นเนื้อแบบมือหมุน (Rotary microtome; Leica RM2145) ให้ได้เนื้อเยื่อหนา 10 ไมโครมิเตอร์ และติดเนื้อเยื่อบนกระจกสไลด์ *(4) การย้อมสี (staining)* จะนำสไลด์ที่ติด

เนื้อเยื่อแช่ในไซลีน (C_8H_{10}; CARLO ERBA) เพื่อละลายพาราพลาสต์ แล้วแช่สไลด์ในสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้น 100%, 95% และ 70% ตามลำดับ จากนั้นย้อมสีซาฟรานิน ($C_{20}H_{19}ClN_4$: Fluka) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วล้างสีออกด้วยน้ำกลั่นก่อนจะดึงน้ำออกจากเนื้อเยื่อด้วยสารละลายเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 70%, 80% 95% และ 100% ตามลำดับ แล้วย้อมสีฟาสต์กรีน ($C_{37}H_{34}N_2Na_2O_{10}S_3$: Fluka) เป็นเวลา 15 วินาที ทำให้เนื้อเยื่อใสด้วยการจุ่มสไลด์ในสารละลายน้ำมันกานพลู (clove oil) แล้วแช่สไลด์ในสารละลายไซลีนผสมเอทานอล และไซลีนบริสุทธิ์ ตามลำดับ ขั้นตอนสุดท้ายจะปิดผนึกสไลด์ (mounting) โดยใช้สารละลาย Permount (Fisher scientific) *(5) การศึกษาเนื้อเยื่อลำต้นพืช* นำสไลด์ตัวอย่างเนื้อเยื่อลำต้นพืชตัดตามขวาง (cross section) ไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ติดตั้งระบบบันทึกภาพดิจิตอล (Zeiss รุ่น Primo Star) บันทึกภาพเนื้อเยื่อลำต้นพืชแต่ละชนิดเพื่อศึกษาโครงสร้างเนื้อเยื่อตัดตามขวางและเปรียบเทียบลักษณะการจัดเรียงเนื้อเยื่อในลำต้นพืชจากวงศ์แตกต่างกัน

Table 1 Plant specimens used in the study

	Scientific name*	Common name	Family name*
1.	*Alternanthera paronichyoides* St. Hil.	Sessile joyweed	AMARANTHACEAE
2.	*Amaranthus viridis* Linn.	Green amaranth	AMARANTHACEAE
3.	*Celosia argentea* L.	Cocks comb	AMARANTHACEAE
4.	*Helianthus annuus* L.	Sunflower	ASTERACEAE
5.	*Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn.	Cinderella Weed	ASTERACEAE
6.	*Tridax procumbens* L.	Tridax daisy	ASTERACEAE
7.	*Vernonia cinerea* (L.) Less.	Little iron weed	ASTERACEAE
8.	*Coccinia grandis* (L.) Voigt	Ivy gourd	CUCURBITACEAE
9.	*Cucurbita moschata* Duchesne	Pumpkin	CUCURBITACEAE
10	*Momordica charantia* L.	Bitter cucumber	CUCURBITACEAE
11	*Euphorbia heterophylla* L.	Painted spurge	EUPHORBIACEAE
12	*Euphorbia hirta* L.	Garden spurge	EUPHORBIACEAE
13	*Phyllanthus amarus* Schum. & Thonn.	Egg woman	EUPHORBIACEAE
14	*Afgekia mahidoliae B.L. Burtt & Chermsir.*	Kan phai Mahidol	FABACEAE (LEGUMINOSAE-PAPILIONOIDEAE)
15	*Clitoria ternatea* Linn.	Butterfly pea	FABACEAE (LEGUMINOSAE-PAPILIONOIDEAE)
16	*Vigna sinensis* (L.) Savi ex Hassk.	Yard long bean	FABACEAE (LEGUMINOSAE-PAPILIONOIDEAE)
17	*Ocimum americanum* L.	Hoary basil	LAMIACEAE
18	*Ocimum basilicum* L.	Sweet basil	LAMIACEAE
19	*Ocimum tenuiflorum* L.	Holy basil	LAMIACEAE
20	*Mentha cordifolia* Opiz ex Fresen	Kitchen mint	LAMIACEAE
21	*Piper betle* L.	Betel vine	PIPERACEAE
22	*Piper nigrum* L.	Black pepper	PIPERACEAE
23	*Piper sarmentosum* Roxb.	Wildbetal leafbush	PIPERACEAE

* BGO Plant Databased, The Botanical Garden Organization

ผลการวิจัย

วงศ์บานไม่รู้โรย (AMARANTHACEAE)

ลำต้นพืชในวงศ์บานไม่รู้โรย (Figure 1) มีเนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis) ประกอบด้วยเซลล์รูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัสเรียงตัวชั้นเดียว ใต้เนื้อเยื่อชั้นผิวมีเนื้อเยื่อคอลเลงคิมา (collenchyma) เรียงเป็นวงรอบลำต้น จำนวนชั้นคอลเลงคิมาแตกต่างกันในพืชแต่ละชนิด เนื้อเยื่อพาเรงคิมา (parenchyma) ทั้งในชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) และไส้ไม้ (pith) ประกอบด้วยเซลล์รูปร่างรีหรือรูปหลายเหลี่ยมขึ้นกับชนิดของพืช เซลล์พาเรงคิมามีขนาดเล็กและใหญ่ไม่สม่ำเสมอ ชั้นคอร์เทกซ์มีความหนาไม่มาก ระบบเนื้อเยื่อท่อลำเลียง (vascular tissue system) จัดเป็นกลุ่มประกอบด้วยไซเล็ม (xylem) แคมเบียม (cambium) และโฟลเอ็ม (phloem) ไม่พบสเกลอเรงคิมา (sclerenchyma) ติดกับโฟลเอ็ม มัดท่อลำเลียงเรียงกระจายรอบลำต้นโดยมีเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาเรียงตัวเป็นแถบเชื่อมระหว่างท่อลำเลียง พืชทั้งสามชนิดมีมัดท่อลำเลียงกระจายแทรกไปในไส้ไม้ (pith)

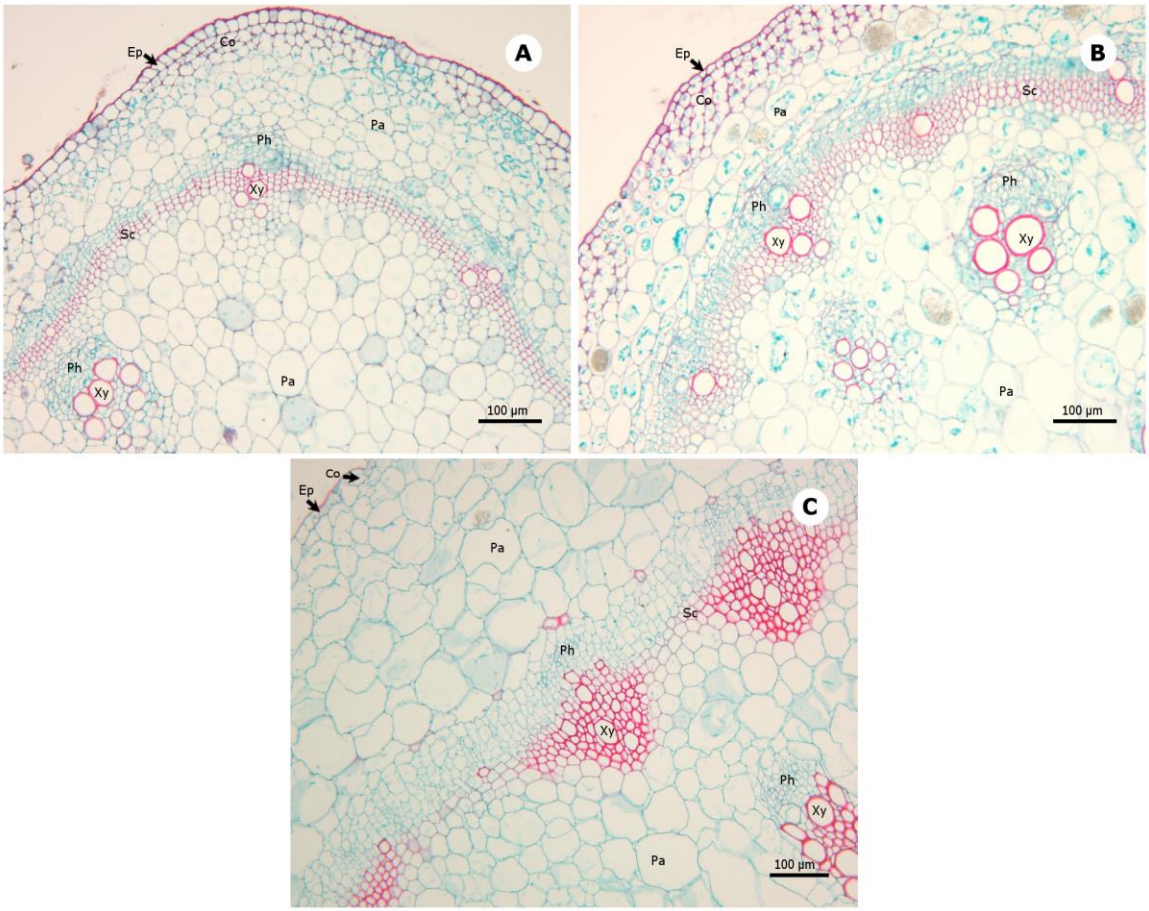

Figure 1 Stem tissue of plants in the family Amaranthaceae; (A) *Alternanthera paronichyoides* St. Hil., (B) *Amaranthus viridis* Linn., and (C) *Celosia argentea* L. Co = Collenchyma, Ep = Epidermis, Pa = Parenchyma, Ph = Phloem, Sc = Sclerenchyma, Xy = Xylem

วงศ์ทานตะวัน (ASTERACEAE)

ลำต้นพืชในวงศ์ทานตะวัน (Figure 2) มีเนื้อเยื่อผิว (epidermis) ประกอบด้วยเซลล์รูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัสเรียงตัวชั้นเดียว ใต้เนื้อเยื่อชั้นผิวมีเนื้อเยื่อคอลเลงคิมา (collenchyma) ประกอบด้วยเซลล์หลายชั้นรอบลำต้น ซึ่งแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด และการโค้งนูนของลำต้น ในหมอน้อย (Little iron weed) พบคอลเลงคิมาที่มีเซลล์หลายชั้นในบริเวณลำต้นที่โค้งนูนเป็นสัน และพบคลอเรงคิมา (chlorenchyma) ใต้เนื้อเยื่อชั้นผิวที่เป็นรอยเว้า (Figure 2D) ในชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา (parenchyma) ที่มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกัน ความกว้างของคอร์เทกซ์แตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด มัดท่อลำเลียง จัดเป็นกลุ่มประกอบด้วยเนื้อเยื่อเรียงตัวจากด้านนอกไปด้านในได้เป็น สเกลอเรงคิมาหรือโฟลเอ็มไฟเบอร์ (sclerenchyma or phloem fiber) โฟลเอ็ม (phloem) แคมเบียม (cambium) และ ไซเล็ม (xylem) ตามลำดับ พืชทั้งสี่ชนิดในวงศ์ทานตะวันมีระบบท่อลำเลียงเป็นกลุ่มชัดเจนเรียงรอบลำต้น สเกลอเรงคิมาเป็นกลุ่มติดกับโฟลเอ็มมีเซลล์จำนวนมาก ในบริเวณไส้ไม้ (pith) จะเป็นเนื้อเยื่อพาเรงคิมา (parenchyma) ประกอบด้วยเซลล์รูปร่างค่อนข้างกลม หรือรูปร่างหลายเหลี่ยม

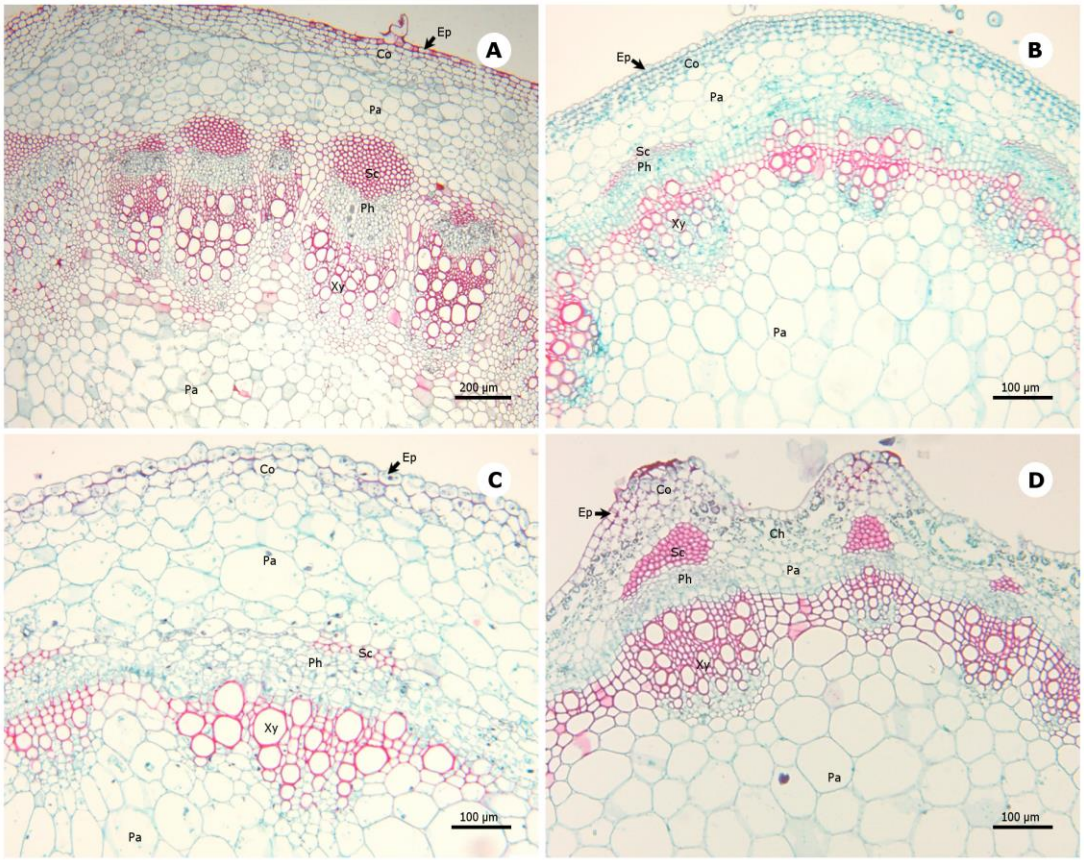

Figure 2 Stem tissue of plants in the family Asteraceae; (A) *Helianthus annuus* L., (B) *Synedrella nodiflora* (L.) Gaertn., (C) *Tridax procumbens* L., and (D) *Vernonia cinerea* (L.) Less. Ch = Chlorenchyma, Co = Collenchyma, Ep = Epidermis, Pa = Parenchyma, Ph = Phloem, Sc = Sclerenchyma, Xy = Xylem

วงศ์แตง (CUCURBITACEAE)

ลำต้นพืชในวงศ์แตง (Figure 3) มีเนื้อเยื่อผิว (epidermis) ประกอบด้วยเซลล์ขนาดเล็กรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า เรียงตัวชั้นเดียว ใต้เนื้อเยื่อชั้นผิวมีเนื้อเยื่อคอลเลงคิมา (collenchyma) จำนวนชั้นของเซลล์คอลเลงคิมาแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด ในชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา (parenchyma) รูปร่างค่อนข้างกลมหรือรูปหลายเหลี่ยม ในพืชทั้งสามชนิดพบเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมา (sclerenchyma) ประกอบด้วยเซลล์ 3 – 6 ชั้นเรียงเป็นวงรอบลำต้นแทรกในชั้นคอร์เทกซ์ ระบบเนื้อเยื่อท่อลำเลียง (vascular tissue system) ของพืชในวงศ์นี้มีลักษณะจำเพาะ ในมัดท่อลำเลียงมีโฟลเอ็มสองกลุ่มทั้งด้านนอกและด้านใน (bicollateral bundle) โดยไม่พบเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมารวมเป็นกลุ่มติดกับโฟลเอ็ม ไซเล็มประกอบด้วยเซลล์ท่อลำเลียงน้ำขนาดใหญ่ชัดเจน มัดท่อลำเลียงเป็นกลุ่มมีทั้งขนาดเล็กและใหญ่กระจายไปทั่วลำต้น

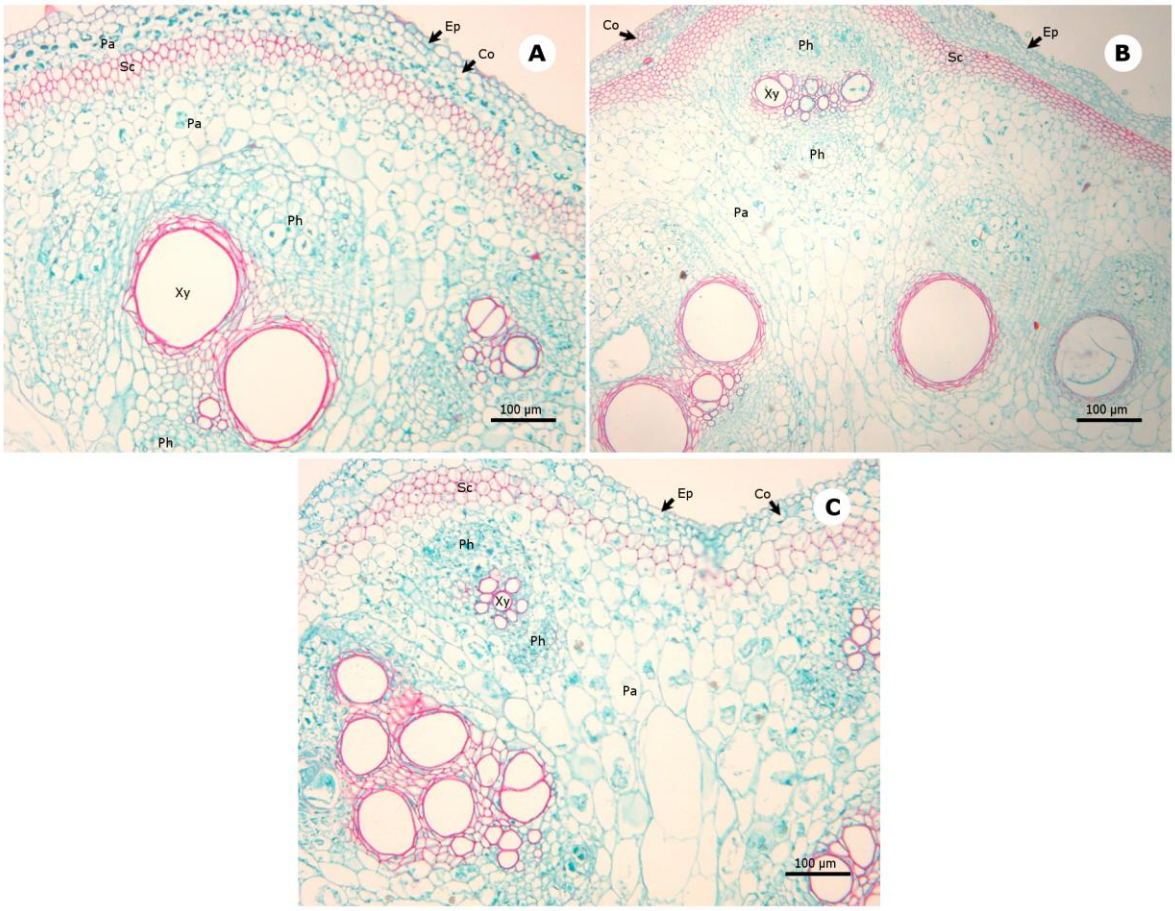

Figure 3 Stem tissue of plants in the family Cucurbitaceae; (A) *Coccinia grandis* (L.) Voigt, (B) *Cucurbita moschata* Duchesne, and (C) *Momordica charantia* L. Co = Collenchyma, Ep = Epidermis, Pa = Parenchyma, Ph = Phloem, Sc = Sclerenchyma, Xy = Xylem

วงศ์ยางพารา (EUPHORBIACEAE)

ลำต้นพืชในวงศ์ยางพารา (Figure 4) มีเนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis) ประกอบด้วยเซลล์ขนาดเล็กรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เรียงชั้นเดียว ใต้เนื้อเยื่อชั้นผิวมีเนื้อเยื่อคอลเลงคิมา (collenchyma) ในชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อพาเรงคิมา (parenchyma) เซลล์มีรูปร่างหลายเหลี่ยม พืชทั้งสามชนิดในวงศ์ยางพารามีระบบเนื้อเยื่อท่อลำเลียงประกอบด้วยโฟลเอ็ม (phloem) แคมเบียม (cambium) และไซเล็ม (xylem) มีลักษณะเรียงตัวเป็นวงรอบลำต้น ไซเล็ม (xylem) มีเซลล์ท่อลำเลียงขนาดใหญ่เรียงเป็นแถวในแนวรัศมีโดยมีสเกลอเรงคิมาแทรกตัวอยู่จึงทำให้เห็นลักษณะเนื้อเยื่อท่อลำเลียงเรียงต่อเนื่องเป็นวงรอบลำต้น บริเวณไส้ไม้ (pith) เป็นเนื้อเยื่อพาเรงคิมาประกอบด้วยเซลล์รูปร่างค่อนข้างกลม หรือรูปร่างหลายเหลี่ยมขนาดแตกต่างกัน เซลล์ที่อยู่ใกล้ระบบเนื้อเยื่อลำเลียงมีขนาดเล็ก เซลล์ที่บริเวณกลางลำต้นมีขนาดใหญ่

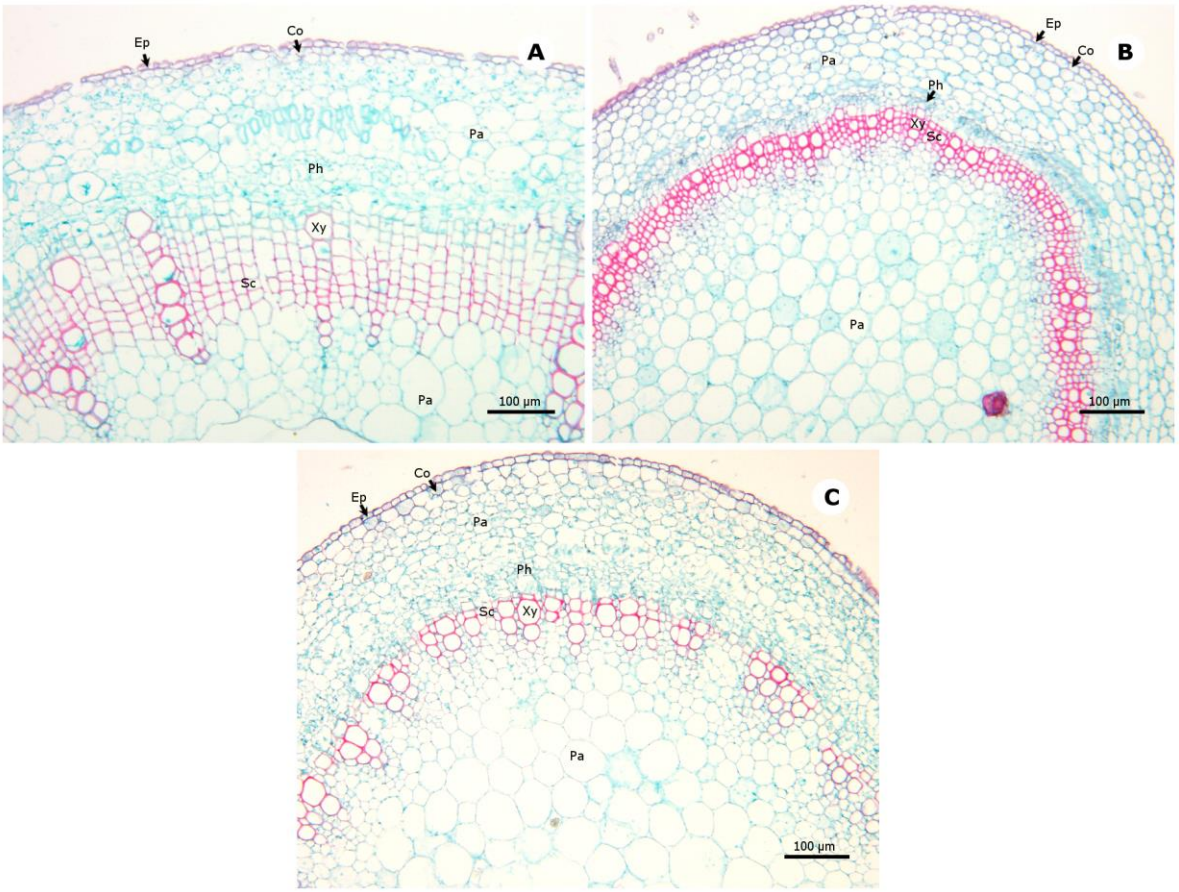

Figure 4 Stem tissue of plants in the family Euphorbiaceae; (A) *Euphorbia heterophylla* L., (B) *Euphorbia hirta* L., and (C) *Phyllanthus amarus* Schum. & Thonn. Co = Collenchyma, Ep = Epidermis, Pa = Parenchyma, Ph = Phloem, Sc = Sclerenchyma, Xy = Xylem

วงศ์ถั่ว (FABACEAE / LEGUMINOSAE-PAPILIONOIDEAE)

ลำต้นพืชในวงศ์ถั่ว (Figure 5) มีเนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis) ประกอบด้วยเซลล์รูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส ใต้เนื้อเยื่อชั้นผิวมีเนื้อเยื่อคอลเลงคิมา (collenchyma) เรียงเป็นวงรอบลำต้น ชั้นคอร์เทกซ์มีเนื้อเยื่อพาเรงคิมา (parenchyma) ค่อนข้างแคบ ระบบเนื้อเยื่อท่อลำเลียงของพืชในวงศ์ถั่วเรียงเป็นวงรอบลำต้น ประกอบด้วยเนื้อเยื่อต่าง ๆ เรียงจากด้านนอกไปด้านในได้เป็นสเกลอเรงคิมา (sclerenchyma) โฟลเอ็ม (phloem) แคมเบียม (cambium) และไซเล็ม (xylem) ตามลำดับ สเกลอเรงคิมาที่ติดกับโฟลเอ็มประกอบด้วยเซลล์จำนวนมากเรียงตัวต่อเนื่องมีลักษณะเป็นแถบรอบลำต้น ไซเล็มมีเซลล์ท่อลำเลียงน้ำขนาดใหญ่เรียงเป็นแถวในแนวรัศมี โดยมีเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาแทรกอยู่จึงทำให้เห็นเนื้อเยื่อระบบท่อลำเลียงมีลักษณะเรียงตัวต่อเนื่องเป็นวงล้อมรอบไส้ไม้ (pith)

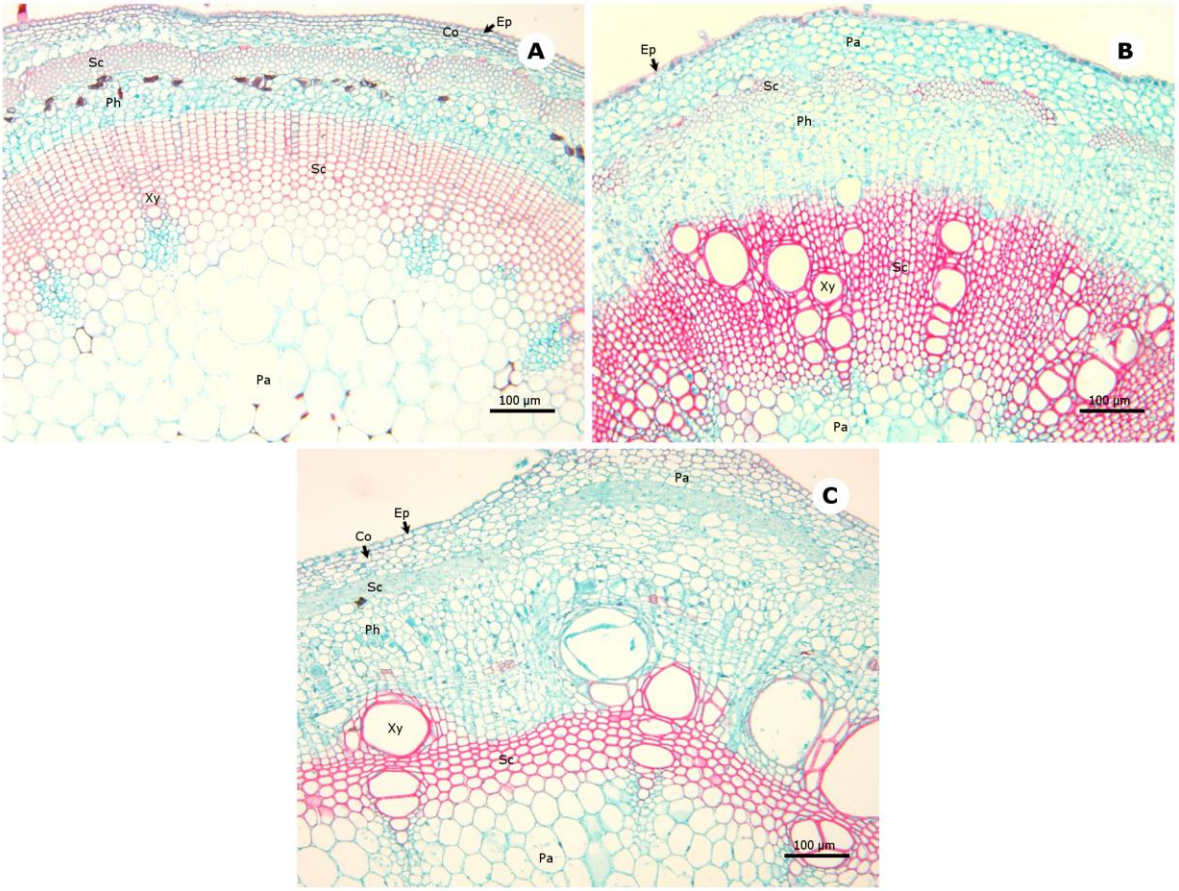

Figure 5 Stem tissue of plants in the family Fabaceae / Leguminosae-Papilionoideae; (A) *Afgekia mahidoliae B.L. Burtt & Chermsir.*, (B) *Clitoria ternatea* Linn., and (C) *Vigna sinensis* (L.) Savi ex Hassk. Co = Collenchyma, Ep = Epidermis, Pa = Parenchyma, Ph = Phloem, Sc = Sclerenchyma, Xy = Xylem

วงศ์กะเพรา (LAMIACEAE)

ลำต้นพืชในวงศ์กะเพรา (Figure 6) มีเนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis) ประกอบด้วยเซลล์รูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือจัตุรัสขึ้นอยู่กับชนิดพืช ใต้เนื้อเยื่อชั้นผิวมีเนื้อเยื่อคอลเลงคิมา (collenchyma) ประกอบด้วยเซลล์หลายชั้นเรียงรอบลำต้น ซึ่งมีความหนาแตกต่างกันในพืชแต่ละชนิด พืชที่มีลำต้นเป็นทรงเหลี่ยมหรือมีลำต้นโค้งนูนเป็นสันจะพบเนื้อเยื่อคอลเลงคิมาหนาหลายชั้นในบริเวณที่เป็นเหลี่ยมหรือสัน ชั้นคอร์เทกซ์ค่อนข้างแคบมีเซลล์พาเรงคิมารูปร่างหลายเหลี่ยมทั้งขนาดเล็กและใหญ่ เนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาที่ติดกับโฟลเอ็มหรือโฟลเอ็มไฟเบอร์มีความแตกต่างกันในพืชแต่ละชนิด โหระพา (Sweet basil) และ กะเพรา (Holy basil) มีโฟลเอ็มไฟเบอร์เป็นกลุ่ม (Figure 6B and 6C) ไซเล็ม (xylem) มีเซลล์ลำเลียงน้ำขนาดใหญ่เรียงเป็นแถวในแนวรัศมี และมีเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาแทรกระหว่างมัดท่อลำเลียงแต่ผนังเซลล์ไม่หนาย้อมติดสีไม่ชัดเจน บริเวณไส้ไม้ (pith) ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อพาเรงคิมาประกอบด้วยเซลล์ขนาดเล็กและใหญ่ เซลล์บริเวณกลางลำต้นมีขนาดใหญ่

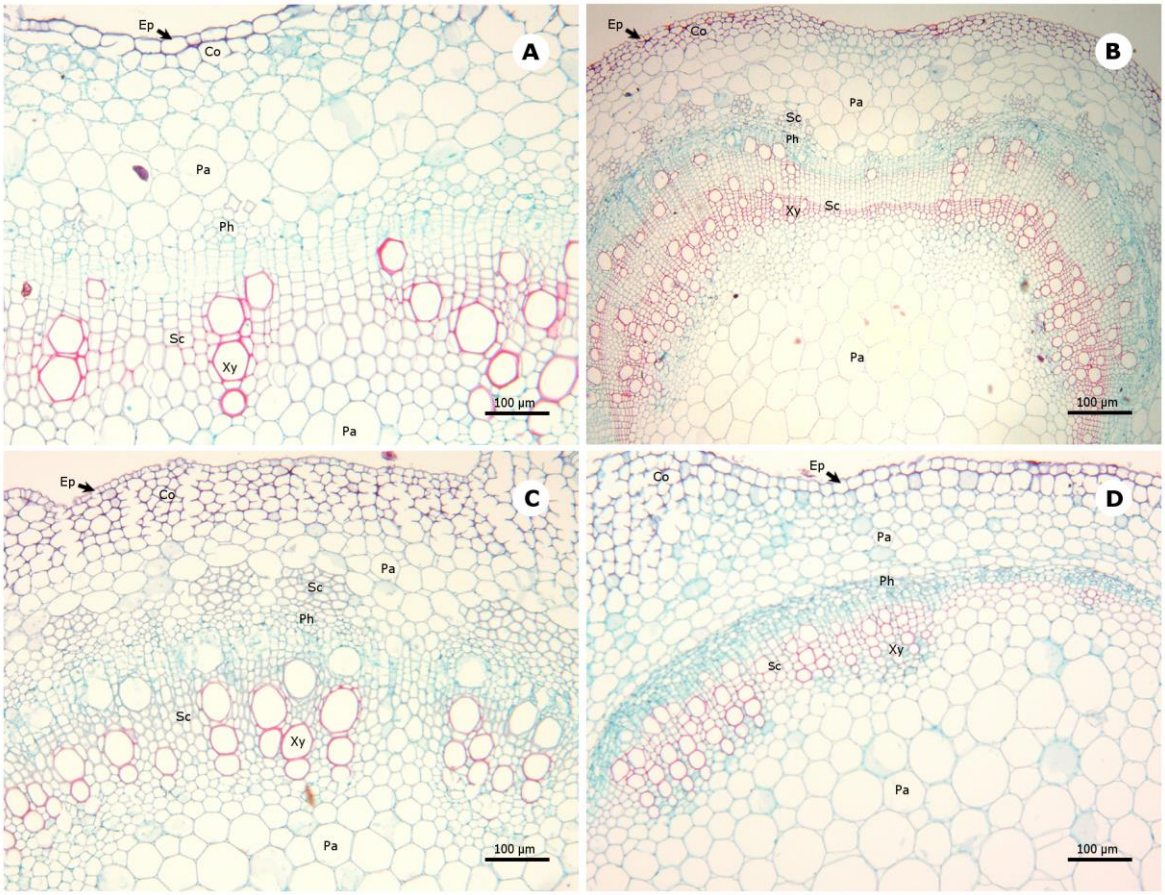

Figure 6 Stem tissue of plants in the family Lamiaceae; (A) *Ocimum americanum* L., (B) *Ocimum basilicum* L., (C) *Ocimum tenuiflorum* L., and (D) *Mentha cordifolia* Opiz ex Fresen Co = Collenchyma, Ep = Epidermis, Pa = Parenchyma, Ph = Phloem, Sc = Sclerenchyma, Xy = Xylem

วงศ์พริกไทย (PIPERACEAE)

ลำต้นพืชในวงศ์พริกไทย (Figure 7) มีเนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis) ประกอบด้วยเซลล์ขนาดเล็กรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัสเรียงชั้นเดียว ใต้เนื้อเยื่อชั้นผิวมีเนื้อเยื่อคอลเลงคิมา (collenchyma) ในพลู (Betel vine) และชะพลู (Wildbetal leafbush) พบเซลล์คอลเลงคิมาหนาหลายชั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในลำต้นที่โค้งนูนเป็นสัน (Figure 7A and 7C) ชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) ค่อนข้างแคบ ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมารูปร่างหลายเหลี่ยม ในพริกไทย (Black pepper) พบเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาในชั้นคอร์เทกซ์เรียงรอบลำต้น ระบบเนื้อเยื่อท่อลำเลียงของพืชวงศ์นี้จัดเป็นกลุ่มมีท่อลำเลียงน้ำขนาดใหญ่ชัดเจน ในพริกไทยพบสเกลอเรงคิมาที่ติดกับโฟลเอ็มเป็นกลุ่มย้อมติดสีชัดเจน พืชทั้งสามชนิดในวงศ์พริกไทยมีมัดท่อลำเลียงเป็นกลุ่มเรียงกระจายรอบลำต้น และมีมัดท่อลำเลียงแทรกในบริเวณไส้ไม้ (pith) พืชในวงศ์นี้มีเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาซึ่งประกอบด้วยเซลล์จำนวนหลายชั้นย้อมติดสีชัดเจนเรียงตัวต่อเนื่องเป็นวงล้อมรอบไส้ไม้ทำให้เห็นการแบ่งออกเป็นบริเวณที่มีมัดท่อลำเลียงรอบลำต้น และบริเวณไส้ไม้ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อพาเรงคิมามีพื้นที่ค่อนข้างใหญ่ และมีมัดท่อลำเลียงแทรกอยู่ในบริเวณกลางลำต้น

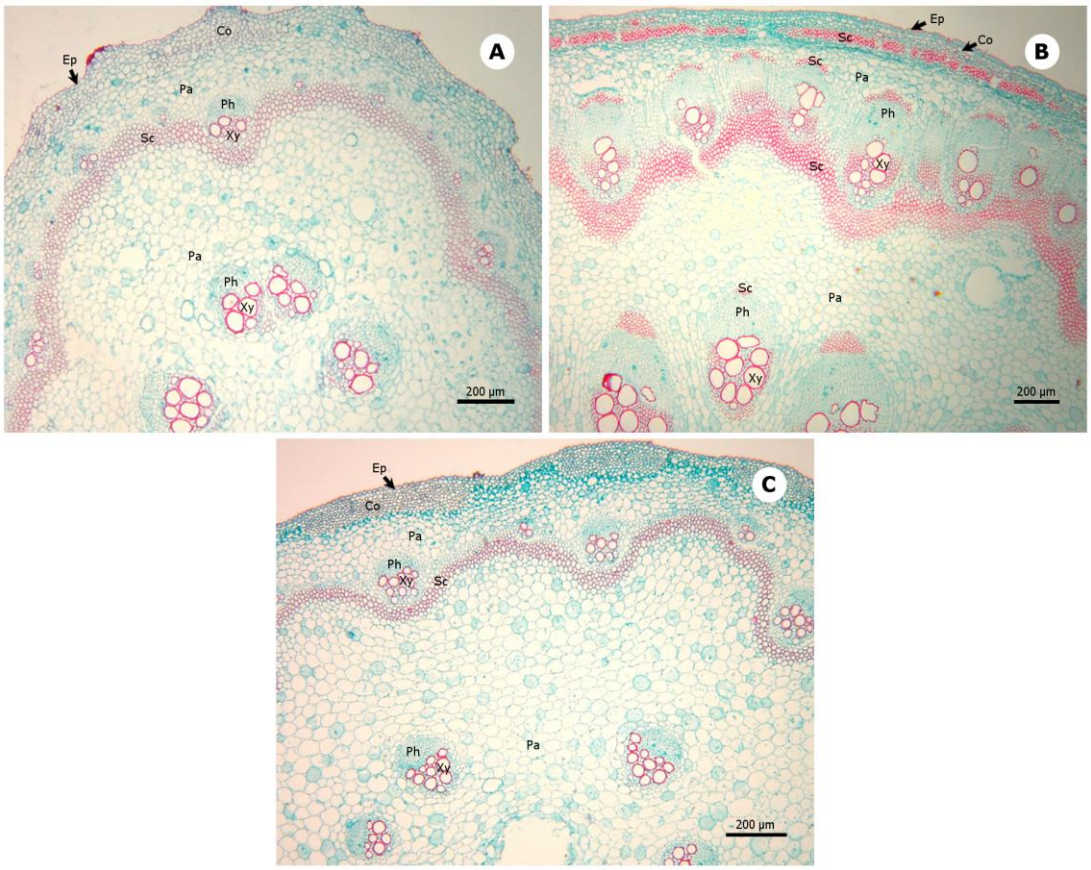

Figure 7 Stem tissue of plants in the family Piperaceae; (A) *Piper betle* L., (B) *Piper nigrum* L., and (C) *Piper sarmentosum* Roxb. Co = Collenchyma, Ep = Epidermis, Pa = Parenchyma, Ph = Phloem, Sc = Sclerenchyma, Xy = Xylem

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาการจัดเรียงตัวเนื้อเยื่อถาวรในลำต้นพืชตัดตามขวางจำนวน 23 ชนิด จาก 7 วงศ์ ได้แก่ วงศ์บานไม่รู้โรย (Amaranthaceae) วงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) วงศ์แตง (Cucurbitaceae) วงศ์ยางพารา (Euphorbiaceae) วงศ์ถั่ว (Fabaceae/Leguminosae-Papilionoideae) วงศ์กะเพรา (Lamiaceae) และ วงศ์พริกไทย (Piperaceae) พบว่าพืชจากวงศ์เดียวกันจะมีลักษณะการจัดเรียงเนื้อเยื่อถาวรในลำต้นคล้ายคลึงกัน และการจัดเรียงเนื้อเยื่อถาวรจะแตกต่างกันอย่างชัดเจนในพืชที่มาจากวงศ์แตกต่างกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Somkid & Matchacheep (2008) พบว่าพืชจากวงศ์แตกต่างกันจะมีลักษณะกายวิภาคศาสตร์ลำต้นแตกต่างกัน โครงสร้างเนื้อเยื่อในลำต้นพืชแต่ละวงศ์มีลักษณะจำเพาะสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการจัดจำแนกพืชได้ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเรียงตัวของเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาและระบบเนื้อเยื่อท่อลำเลียงมีรูปแบบแตกต่างกันชัดเจนในพืชวงศ์แตกต่างกัน (Table 2) เนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมา (sclerenchyma) เป็นเนื้อเยื่อถาวรที่ประกอบด้วยเซลล์ไม่มีชีวิตมีผนังเซลล์ทุติยภูมิหนาและมีการสะสมลิกนินทำให้ติดสีย้อมซาฟรานินเป็นสีชมพูหรือแดง (Kermanee, 2017; Kidyoo, 2009) เมื่อศึกษาการจัดเรียงเนื้อเยื่อในลำต้นพืชจะสังเกตเห็นเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาได้ง่ายและชัดเจน สเกลอเรงคิมาในลำต้นพืชโดยทั่วไปจะเป็นไฟเบอร์ (fiber) ซึ่งเป็นเซลล์รูปร่างยาวปลายเรียวแหลม พบอยู่เป็นกลุ่ม ตำแหน่งที่ปรากฏและลักษณะการจัดเรียงตัวของเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาในลำต้นพืชจากวงศ์แตกต่างกันมีรูปแบบ (pattern) แตกต่างกันไป เนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาในลำต้นพืชส่วนใหญ่จะเป็นองค์ประกอบในโฟลเอ็มหรือโฟลเอ็มไฟเบอร์ (phloem fiber) ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงและปกป้องท่อลำเลียงอาหาร และในไซเล็มหรือไซเล็มไฟเบอร์ (xylem fiber) มีความสำคัญต่อคุณสมบัติของไม้ เช่น ความแข็งแรง ความเหนียว ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะ และน้ำหนักไม้ (Kermanee, 2017) อย่างไรก็ตามเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาอาจปรากฏอยู่นอกระบบเนื้อเยื่อท่อลำเลียงได้ จากผลการศึกษาพบว่าตำแหน่งและการเรียงตัวของเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาในลำต้นพืชมีความแตกต่างกันในพืชวงศ์ต่าง ๆ (Table 2) เช่น พืชในวงศ์บานไม่รู้โรย (Amaranthaceae) ไม่พบเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาติดกับโฟลเอ็ม พืชในวงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) พบสเกลอเรงคิมาเป็นกลุ่มประกอบด้วยเซลล์จำนวนมากติดกับโฟลเอ็ม พืชในวงศ์แตง (Cucurbitaceae) พบเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาเรียงเป็นวงรอบลำต้นลักษณะเป็นแถบติดสีย้อมชัดเจนในชั้นคอร์เทกซ์ พืชในวงศ์พริกไทย (Piperaceae) พบสเกลอเรงคิมาเรียงตัวต่อเนื่องล้อมรอบไส้ไม้ (pith) พืชในวงศ์กะเพรา (Lamiaceae) อาจพบหรือไม่พบเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาเป็นกลุ่มติดกับโฟลเอ็ม นอกจากการจัดเรียงของเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาแล้ว การจัดเรียงของระบบเนื้อเยื่อท่อลำเลียง (vascular tissue system) จะมีรูปแบบจำเพาะในแต่ละกลุ่มพืช (Evert, 2006; Mauseth 1988; Kermanee, 2017) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการจัดเรียงระบบเนื้อเยื่อท่อลำเลียงแตกต่างกันชัดเจนในพืชวงศ์ต่าง ๆ (Table 2) เช่น พืชวงศ์แตง (Cucurbitaceae) มีมัดท่อลำเลียงที่มีลักษณะจำเพาะ โดยพบโฟลเอ็มสองกลุ่มทั้งด้านนอก (external phloem) และด้านใน (internal phloem) ประกบไซเล็ม อาจเนื่องจากพืชในกลุ่มนี้มีลำต้นขนาดเล็กแต่ให้ผลขนาดใหญ่ จึงต้องเพิ่มเนื้อเยื่อลำเลียงอาหารเพื่อขนส่งสารอาหารไปเก็บสะสมที่ผล (Metealfe & Chalk, 1957; Kermanee, 2017) พืชในวงศ์บานไม่รู้โรย (Amaranthaceae) และวงศ์พริกไทย (Piperaceae) มีมัดท่อลำเลียงกระจายรอบลำต้นแล้วยังพบมัดท่อลำเลียงกระจายไปในไส้ไม้ (pith) อย่างไรก็ตามทั้งสองวงศ์มีการจัดเรียงเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาแตกต่างกัน พืชในวงศ์ยางพารา (Euphorbiaceae) และวงศ์ถั่ว (Fabaceae/Leguminosae-

Papilionoideae) มีเนื้อเยื่อท่อลำเลียงที่พบท่อลำเลียงน้ำเรียงเป็นแถวในแนวรัศมีและมีสเกลอเรงคิมาแทรกตัวระหว่างท่อลำเลียงน้ำเห็นลักษณะเนื้อเยื่อท่อลำเลียงเรียงต่อเนื่องเป็นวงรอบลำต้น อย่างไรก็ตามพืชทั้งสองวงศ์มีลักษณะการจัดเรียงของสเกลอเรงคิมาที่ติดกับโฟลเอ็มแตกต่างกัน

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการจัดเรียงเนื้อเยื่อในลำต้นพืชเป็นข้อมูลที่ใช้ในการจัดกลุ่มพืชระดับวงศ์ได้ พืชที่อยู่ในวงศ์เดียวกันจะมีลักษณะการจัดเรียงเนื้อเยื่อคล้ายกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งตำแหน่งและรูปแบบการจัดเรียงของเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมา (sclerenchyma) และระบบเนื้อเยื่อท่อลำเลียง (vascular tissue system) การศึกษากายวิภาคศาสตร์ลำต้นพืชนอกจากใช้ประโยชน์เพื่อการระบุชนิดพันธุ์และการจัดจำแนกพืชแล้ว ยังใช้ประโยชน์ในด้านอื่นที่เกี่ยวข้องได้หลากหลาย เช่น การศึกษารูปแบบการเติบโตของพืช (growth habits) สัมพันธ์กับโครงสร้างเนื้อเยื่อลำต้น (Naranjo *et al*., 2018) การศึกษากายวิภาคศาสตร์เนื้อไม้ซึ่งสัมพันธ์กับคุณสมบัติของไม้ (Chiwapreecha *et al*., 2016) การศึกษาโครงสร้างเนื้อเยื่อลำต้นพืชเพื่อใช้พัฒนาสื่อการเรียนการสอน (Somkid & Matchacheep, 2008) เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

การจัดเรียงเนื้อเยื่อถาวรในลำต้นพืชมีลักษณะเฉพาะในแต่ละวงศ์ พืชที่อยู่ในวงศ์ต่างกันจะมีรูปแบบการจัดเรียงเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาและเนื้อเยื่อระบบท่อลำเลียงแตกต่างกันชัดเจน การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าลักษณะการจัดเรียงเนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมาและเนื้อเยื่อระบบท่อลำเลียงในลำต้นพืช 7 วงศ์ (วงศ์บานไม่รู้โรย วงศ์ทานตะวัน วงศ์แตง วงศ์ยางพารา วงศ์ถั่ว วงศ์กะเพรา และวงศ์พริกไทย) มีลักษณะจำเพาะ สามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการระบุชนิด และเป็นข้อมูลสนับสนุนการจัดจำแนกพืชในระดับวงศ์ อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาโครงสร้างเนื้อเยื่อลำต้นพืชวงศ์อื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับการระบุชนิด การจัดการเรียนการสอน และการศึกษาด้านอนุกรมวิธาน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้การสนับสนุนวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในการศึกษาวิจัย

Table 2 The cross-section revealed a microscopic organization of sclerenchyma and tissues of vascular bundles in plants from different families

Organization of stem tissues in plants	Plant Families						
	AMARANTHACEAE	ASTERACEAE	CUCURBITACEAE	EUPHORBIACEAE	FABACEAE/LEGUMINOSAE-PAPILIONOIDEAE	LAMIACEAE	PIPERACEAE
1. The groups of sclerenchyma cells are connected to the phloem.		✓				✓ (some species)	
2. The sclerenchyma connected to the phloem consists of a large number of cells arranged in a circular loop around the stem.					✓		
3. The sclerenchyma inserted between the vascular tissues in a row shows the appearance of continuous vascular tissues that form a circular loop around the stem	✓			✓	✓	✓	
4. The sclerenchyma is arranged in a circular loop by inserting it in the cortex.			✓				
5. The sclerenchyma is arranged in a continuous loop surrounding the pith.							✓
6. The vascular tissue bundles are arranged in a circle around the stem.	✓	✓					✓
7. The vascular tissue bundles are scattered in the pith.	✓						✓
8. The vascular tissue bundles are arranged in groups, each consisting of a group of xylem flanked by two groups of phloem.			✓				
9. The vascular tissue system is arranged in a circle around the stem. The xylem consists of large vascular ducts arranged in radial rows.				✓	✓	✓	

เอกสารอ้างอิง

Chapakiya, A., Srinual, A., & Kesonbua, W. (2020). Leaf blade and petiole anatomical characteristics of *Gomphrena* L. in Thailand. *VRU Research and Development Journal Science and Technology*, *15*(2) 29 – 44. (in Thai)

Chiwapreecha, B., Ngernsaengsaruay, C., & Kermanee, P. (2016). Comparative Woods Anatomy and Properties of Two Species in the Genus *Albizia* (Fabaceae) in Thailand. *Burapha Science Journal*, *20*(2), 85 – 95. (in Thai)

Evert, R.F. (2006). *ESAU'S PLANT ANATOMY Meristems, Cells, and Tissues of the Plant Body – Their Structure, Function, and Development*. 3rd edition. New Jersey: John Willey & Sons., Inc.

Johansen, D.A. (1940). *Plant microtechnique*. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.

Kermanee, P. (2008). *Techniques in plant tissue*. Bangkok: Kasetsart University Press. (in Thai)

Kermanee, P. (2017). *Plant Cell and Tissue*. Bangkok: Kasetsart University Press. (in Thai)

Khonkayan, S., Lamyai, S., Tanawet, K., & Machana, K. (2021). Leaf Epidermal Anatomy of Some Species of the Family Fabaceae in the Northeastern of Thailand. *Journal of Roi Et Rajabhat University: Science and Technology*, *2*(1), 26 – 34. (in Thai)

Kidyoo, M. (2009). Natural dye from Sappan tree (*Caesalpinia sappan* L.) for studying plant cells and tissues. *Thai Journal of Botany*, *1*(2), 61 – 70. (in Thai)

Malimart, K., Saensouk, P., & Thongphairoj, U. (2018). Anatomy of some Apocynaceae in Thailand. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, *37*(1), 51 – 64. (in Thai)

Mauseth, J.D. (1988). *Plant anatomy*. California: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.

Metealfe, C.R., & Chalk, L. (1957). *Anatomy of the Dicotyledons Vol. 1*. Oxford: Clarendon Press.

Naranjo, J.P., Torres, M., & Quijano-Abril, M.A. (2018). On growth habits and forms: the utility of stem anatomy to define growth habits of Melastomataceae. *Acta Botanica Mexicana*, *123*, 67-101.

Piya, W., & Srinual, A. (2020). Leaf Epidermal Characteristics of some Species of the Genus *Diospyros* L. in Thailand. *Phranakhon Rajabhat Research Journal (Science and Technology)*, *15*(1), 133 – 147. (in Thai)

Piyapaparpun, K., & Srinual, A. (2015). Leaf Anatomy of some Species in the Genera *Miliusa*, *Mitrephora*, *Polyalthia* and *Sageraea* (Annonaceae: Miliuseae) in Thailand. *KKU Science Journal*, *43*(4), 656 – 672. (in Thai)

Promsing, J., Srinual, A., & Kesonbua, W. (2016). Leaf epidermal anatomy of some species of the Family Phyllanthaceae in Thailand. *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University*, *18*(3) 87 – 100. (in Thai)

Rudall, P.J. (2020). *Anatomy of Flowering Plants: An Introduction to Plant Structure and Development*. 4th edition. Cambridge: Cambridge University Press.

Sachs, J. (1875). *Text-book of botany: morphological and physiological*. London: Clarendon Press.

Somkid, K., & Matchacheep, S. (2008). Comparative Anatomy the Stem of 9 Local species in Rayong Province. In *Proceedings of 46th Kasetsart University Annual Conference: Education, Humanities and Social Sciences, Economics and Business Administration, Agricultural Extension and Home Economics*. (pp. 196 – 203). Bangkok: The Thailand Research Fund.