

## ถิ่นฐานวิทยาเรณูของพืชวงศ์มะดุกในประเทศไทย

อนุสิทธิ์ ชีซัง<sup>1</sup> และ จรัส ลีรัตวิวงศ์<sup>1\*</sup>

ได้รับบทความ: 14 มีนาคม 2562

ได้รับบทความแก้ไข: 2 กรกฎาคม 2562

ยอมรับตีพิมพ์: 8 กรกฎาคม 2562

### บทคัดย่อ

ศึกษาถิ่นฐานวิทยาเรณูของพืชวงศ์มะดุกในประเทศไทย จำนวน 13 สกุล 31 ชนิด โดยศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบเรณูเป็นเม็ดเดี่ยว ยกเว้นในสกุล *Lophopetalum* เป็นแบบกลุ่มละสี่ ขั้วแบบ isopolar สมมาตรรัศมี ขนาดของเรณูมีขนาดตั้งแต่เล็กมาก (น้อยกว่า 10 ไมโครเมตร) ถึงขนาดปานกลาง (25-50 ไมโครเมตร) รูปร่างมี 5 แบบได้แก่ oblate, suboblate, oblate spheroidal, prolate spheroidal และ subprolate ช่องเปิดมี 3 แบบได้แก่ 3-colporate, 3-porate และ 4-colporate ลวดลายของผนังชั้นเอกซิมเป็นแบบ reticulate, punctate, striate และ striato-reticulate จากผลการศึกษาพบว่า เรณูแบบกลุ่มละสี่ ช่องเปิด และลวดลายบนผนังเอกซิมสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการจัดจำแนกพืชในบางสกุล ส่วนรูปร่าง ขนาด ลวดลายบนผนังเอกซิม สามารถนำมาใช้จัดจำแนกในระดับชนิดของสกุล *Euonymus*, *Glyptopetalum*, *Gymnosporia*, *Loeseneriella*, *Lophopetalum*, *Microtropis* และ *Salacia* ได้

คำสำคัญ: เรณูกลุ่มละสี่ Colporate Reticulate

<sup>1</sup>ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 90112

\*ผู้นิพนธ์ประสานงาน, email: charan.leeratiwong@gmail.com

# Pollen Morphology of Celastraceae in Thailand

Anusit Cheechang<sup>1</sup> and Charan Leeratiwong<sup>1\*</sup>

---

*Received: 14 March 2019*

*Revised: 2 July 2019*

*Accepted: 8 July 2019*

## ABSTRACT

The pollen grains of 13 genera 31 species of Celastraceae in Thailand were observed by light microscope and scanning electron microscope. The general data in pollen morphology are as follows. Most of pollen is monad and isopolar except in *Lophopetalum* is tetrads. Pollen of all species is radial symmetry. The size of the pollens varies from very small (less than 10 micrometers) to medium (25-50 micrometers). There are five shape types as oblate, suboblate, oblate spheroidal, prolate spheroidal and subprolate. Pollen apertures are 3-colporate, 3-porate and 4-colporate. Four differentiated exine sculpturing patterns are observed: reticulate, striate, striato-reticulate and punctate. The result indicates that tetrad pollen, aperture and exine sculpturing patterns data provide taxonomic supportive evidence for classifying plants in some genera while shape, size and exine sculpturing patterns data provide the useful characteristic of delimitation of the species in *Euonymus*, *Glyptopetalum*, *Gymnosporia*, *Loeseneriella*, *Lophopetalum*, *Microtropis* and *Salacia*.

**Keywords:** Tetrad pollen, Colperate, Reticulate

---

<sup>1</sup>Department of Biology, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Songkhla 90112

\*Corresponding author, email: charan.leeratiwong@gmail.com

## บทนำ

พืชวงศ์มะดุก (Celastraceae) อยู่ในอันดับ Celastrales เป็นพืชที่มีการกระจายพันธุ์ในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน พบน้อยในเขตอบอุ่น พืชในวงศ์นี้มีทั้ง ไม้ต้น ไม้พุ่ม ไม้เลื้อยมีเนื้อไม้ และพืชล้มลุก ทั่วโลกพบ 98 สกุล 1,210 ชนิด Kubitzki [1] และในประเทศไทย พบพืชกลุ่มนี้ 15 สกุล 58 ชนิด ลักษณะที่สำคัญของพืชกลุ่มนี้คือ เป็นไม้ต้น หรือไม้พุ่มรอเลื้อย ใบเป็นใบเดี่ยว เรียงแบบตรงข้ามหรือสลับ เส้นแขนงใบแตกออกจากเส้นกลางใบเหมือนขนนก ขอบใบหยักโค้งมน พบน้อยที่เป็นแบบเรียบ ช่อดอกแบบช่อกระจุก ออกบริเวณซอกใบ หรือปลายกิ่ง ดอกส่วนใหญ่จะเป็นแบบดอกแยกเพศต่างต้น กลีบเลี้ยง 4-5 กลีบ ส่วนใหญ่มีลักษณะติดทน กลีบดอก 4-5 กลีบหลุดร่วงง่าย เกสรเพศผู้ 2-5 อัน เกสรเพศเมียเป็นแบบคาร์เพลเชื่อมมี 2-5 คาร์เพล รังไข่อยู่เหนือวงกลีบ หรือแบบรังไข่กึ่งใต้วงกลีบ มี 2-5 ห้อง ออวูลมี 3-18 ออวูลต่อหนึ่งห้อง ผลแบบผลแห้งแตกหรือแบบผลผนังชั้นในแข็ง เมล็ดบางครั้งพบปีก มีหรือไม่มีเอนโดสเปิร์ม [2]

การศึกษาสัณฐานวิทยาเรณูในวงศ์มะดุกมีการศึกษาโดย Erdtman [3] ศึกษาพืชในวงศ์นี้ จำนวน 10 สกุล 16 ชนิด Gavrilova และคณะ [4] ได้ทำการศึกษาสัณฐานวิทยาเรณูของพืชในสกุล *Euonymus* จำนวน 62 ชนิด จากประเทศรัสเซีย Hou [5] ศึกษาพืชในวงศ์นี้ 6 สกุล 29 ชนิด Kasem [6] ศึกษาสัณฐานวิทยาเปรียบเทียบของพืชในวงศ์นี้ 2 สกุล ได้แก่ *Catha* และ *Maytenus* จำนวน 6 ชนิด ในประเทศซาอุดีอาระเบีย Perveen และ Qaiser [7] ศึกษาสัณฐานวิทยาเรณูของพืชวงศ์มะดุกในประเทศปากีสถานจำนวน 4 สกุล 6 ชนิด Rao และ Leone [8] ศึกษาเรณูของ *Elaeodendron quadrangittalum* Vania และ Therezinha [9] ศึกษาสัณฐานวิทยาเรณูในสกุล *Salacia* จำนวน 21 ชนิด ส่วนในประเทศไทยนั้นมีการศึกษาพืชวงศ์นี้เฉพาะลักษณะทางสัณฐานวิทยา [2] เพียงอย่างเดียวยังไม่มีการศึกษาลักษณะอื่นๆ มาก่อนโดยเฉพาะข้อมูลทางด้านเรณูวิทยา ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาเรณูของพืชวงศ์มะดุกในประเทศไทย เพื่อค้นหาและเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยาเรณูที่สามารถใช้ในการจำแนกและระบุชนิดของพืชในวงศ์นี้ และข้อมูลจากการศึกษาในครั้งนี้อาจจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษา สัณฐานวิทยา กายวิภาคศาสตร์ และชีวโมเลกุลของพืชวงศ์นี้ในประเทศไทยต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ตัวอย่างเรณูของพืชที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้โดยการเก็บจากภาคสนาม และศึกษาจากตัวอย่างพรรณไม้แห้งในพิพิธภัณฑ์พืชแห่งมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (PSU) และหอพรรณไม้ สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ (QBG) (ตารางที่ 1) จากนั้นนำเรณูที่ได้มาผ่านกระบวนการอะซีโตไลซิส [3] แล้วนำเรณูที่ผ่านกระบวนการอะซีโตไลซิสแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกนำไปศึกษาสัณฐานวิทยาโดยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแล้วบันทึกภาพด้วยกล้อง Olympus DP72 เพื่อศึกษาชั่ว สมมาตร รูปร่าง ขนาดเรณู และชนิดของช่องเปิด ส่วนที่เหลือเก็บรักษาสภาพไว้ในแอลกอฮอล์สัมบูรณ์ และนำเรณูที่เก็บรักษาไว้ไปวางบนแท่นวาง (stub) แล้วนำไปฉาบทองโดยเครื่อง sputter coater จากนั้นนำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดรุ่น JEOL: JSM 5800 LV บันทึกภาพโดยใช้ซอฟต์แวร์ Scandium เพื่อศึกษาลักษณะของช่องเปิด ความหนาและลวดลายบนผนังเรณู การระบุชนิดพืชวงศ์มะดุกอ้างอิงตามหนังสือ Flora of Thailand [2] การระบุรูปร่างของเรณู โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากเรณูจำนวน 100 เมล็ด วัดความยาวแกนด้านแนวขั้ว (Polar axis, P) หาดด้วยค่าเฉลี่ยความยาวแกนด้านแนวเส้นศูนย์สูตร (Equatorial axis, E) ขนาดของเรณูจำแนกตามวิธีการของ Erdtman [3] โดยใช้ความยาวแกนด้านที่ยาวที่สุด นิยามคำศัพท์เรณูใช้ตาม Punt และคณะ [10]

ตารางที่ 1 รายชื่อชนิดพืชที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้

ชนิดพืช	ชื่อพื้นเมือง	สถานที่เก็บ	หมายเลขตัวอย่าง
<i>Bhesa paniculata</i> Arn. Willd.	ตุมพระ	สงขลา	AC. 4/16 (PSU)
<i>Celastrus paniculatus</i> Willd.	กระทงลาย	เชียงใหม่	M. Nersaengsri 12175 (QBG)
<i>Elaeodendron glaucum</i> (Rottb.) Pers.	หมากน้ำนองต้น	พะเยา	W. La-onsri <i>et al.</i> 2987 (QBG)
<i>Elaeodendron viburnifolium</i> Merr.	น้ำนองตริง	สตูล	AC. 2/16 (PSU)
<i>Euonymus bullatus</i> Wall. ex Lodd.	-	น่าน	P. Srisanya 456 (QBG)
<i>Euonymus cochinchinensis</i> Pierre	กระจับนก	สงขลา	AC. 1/16 (PSU)
<i>Euonymus echinatus</i> Wall.	กระจับนกแดง	เชียงใหม่	P. Suksathan 1141 (QBG)
<i>Euonymus fortunei</i> (Turcz.) Hand.-Mazz.	-	เชียงใหม่	W. Nanakorn <i>et al.</i> 9091 (QBG)
<i>Euonymus glaber</i> Roxb.	กระจับนก	พะเยา	M. Nersaengsri 12413 (QBG)
<i>Euonymus indicus</i> B. Heyne ex Wall.	กระดุกไก่	ตาก	W. La-onsri <i>et al.</i> 2803 (QBG)
<i>Euonymus sootepensis</i> Craib	กระจับนก	น่าน	W. La-onsri <i>et al.</i> 1633 (QBG)
<i>Euonymus theifolius</i> Wall. ex M.A. Lawson	ตับหลาม	น่าน	P. Srisanya 526 (QBG)
<i>Glyptopetalum calorcarpum</i> (Kurz) Prain	ตับหลาม	เชียงใหม่	W. Pongamornkul 4883 (QBG)
<i>Glyptopetalum gracilipes</i> Pierre	ตับหลาม	สุราษฎร์ธานี	AC. 11/16 (PSU)
<i>Glyptopetalum quadrangulare</i> Prain ex King	ตับหลาม	ตรัง	AC. 4/16 (PSU)
<i>Glyptopetalum sclerocarpum</i> (Kurz)	คู້ต้อง	เชียงใหม่	W. Pongamornkul 5332 (QBG)
P. Lawson			
<i>Gymnosporia curtisii</i> King	มะเบนหิน	เขียงราย	M. Nersaengsri & N. Tathana 7373 (QBG)
<i>Gymnosporia marcanii</i> Craib	หนามแดง	ประจวบคีรีขันธ์	AC. 13/16 (PSU)
<i>Kokoona filiformis</i> (M.A. Lawson) C.E.C.	มะแจะ	สงขลา	AC. 7/16 (PSU)
Fisch.			
<i>Loeseneriella africana</i> (Willd.) R. Wilczek ex N. Hallé	แรดหนูนหินไบมม	สงขลา	AC. 14/16 (PSU)
<i>Loeseneriella pauciflora</i> A.C. Sm.	แรดหนูนหิน	สุโขทัย	C. Maknoi 7381(QBG)
<i>Lophopetalum floribundum</i> Wight	พวมพร้าว	สุราษฎร์ธานี	S. Gardner <i>et al.</i> ST 1121(QBG)
<i>Lophopetalum javanicum</i> (Zoll.) Turcz.	พวมพร้าว	ตรัง	S. Gardner & V. Chamchumroon ST 2462 (QBG)
<i>Lophopetalum wallichii</i> Kurz	พังคี	น่าน	S. Bunma 83694(QBG)
<i>Microtropis bivalvis</i> (Jack) Wall.	ออกตาก	ตรัง	AC. 8/16 (PSU)
<i>Microtropis discolor</i> (Wall.) Wall.	ขอบขางแดง	สงขลา	AC. 15/17 (PSU)
<i>Reissantia grahamii</i> Ding Hou	-	เชียงใหม่	W. Nanakorn <i>et al.</i> 6013 (QBG)
<i>Reissantia indica</i> (Willd.) N. Hallé	ล่อสะตา	สงขลา	AC. 9/16 (PSU)
<i>Salacia chinensis</i> L.	กำแพงเจ็ดชั้น	สงขลา	AC. 1/15 (PSU)
<i>Salacia macrophylla</i> Blume	เดาเย็น	สงขลา	AC. 1/18 (PSU)
<i>Siphonodon celastrineus</i> Griff	มะดุก	อุบลราชธานี	AC. 4/17 (PSU)

## ผลการศึกษา

จากการศึกษาสัณฐานวิทยาเรณูของพืชวงศ์มะเดือก จำนวน 13 สกุล 31 ชนิด ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าเรณูของพืชดังกล่าวมีลักษณะทั่วไปส่วนใหญ่ เป็นเม็ดเดี่ยว (monad) (รูปที่ 1: ก.) ขั้วแบบ isopolar และสมมาตรรัศมี (Radial symmetry) ยกเว้นใน *Lophopetalum floribundum*, *Lophopetalum javanicum* และ *Lophopetalum wallichii* จะเป็นแบบกลุ่มละสี่ (tetrahedral tetrads) (รูปที่ 1: ข.) และรายละเอียดในแต่ละชนิดจะกล่าวดังต่อไปนี้ (ตารางที่ 2 และ รูปที่ 1-3)

## ขนาด (size)

เรณูที่ศึกษาในครั้งนี้มีขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กมากถึงขนาดปานกลาง (น้อยกว่า 10 ไมโครเมตร -50 ไมโครเมตร) โดยพืชที่นำมาศึกษาส่วนใหญ่จะมีขนาดเล็ก ยกเว้นใน *Microtropis discolor* เรณูมีขนาดเล็กมาก ส่วนใน *Elaeodendron glaucum*, *Kokoona filiformis* และ *Lophopetalum javanicum* เรณูมีขนาดปานกลาง

## รูปร่าง (shape)

รูปร่างของเรณูแบ่งตามอัตราส่วนระหว่างความยาวแกนด้านขั้ว (Polar axis, P) ต่อความยาวแกนตามแนวเส้นศูนย์สูตร (Equatorial axis, E) พบรูปร่างเรณู 5 แบบดังต่อไปนี้

1. Oblate ( $P/E = 0.50-0.75$ ) พบ 3 ชนิด ได้แก่ *Euonymus cochinchinensis*, *Gymnosporia marcanii* และ *Kokoona filiformis* (รูปที่ 1: ข., ซ.)

2. Suboblate ( $P/E = 0.75-0.88$ ) พบมากที่สุดจำนวน 13 ชนิด ได้แก่ *Celastrus paniculatus*, *Elaeodendron glaucum*, *Elaeodendron viburnifolium*, *Euonymus bullatus*, *Euonymus glaber*, *Euonymus indicus*, *Euonymus theifolius*, *Glyptopetalum calorcarpum*, *Loeseneriella pauciflora*, *Lophopetalum wallichii*, *Microtropis bivalvis*, *Salacia chinensis* และ *Siphonodon celastrineus* (รูปที่ 1: ค., ง.)

3. Oblate spheroidal ( $P/E = 0.88-1.00$ ) พบ 11 ชนิด ได้แก่ *Euonymus echinatus*, *Euonymus sootepensis*, *Glyptopetalum calorcarpum*, *Glyptopetalum gracilipes*, *Glyptopetalum quadrangulare*, *Glyptopetalum sclerocarpum*, *Gymnosporia curtisii*, *Loeseneriella africana*, *Lophopetalum javanicum*, *Microtropis discolor*, *Reissantia grahamii* และ *Reissantia indica* (รูปที่ 1: จ., ฉ.)

4. Prolate spheroidal ( $P/E = 1-1.14$ ) พบ 2 ชนิด ได้แก่ *Lophopetalum floribundum* และ *Salacia macrophylla* (รูปที่ 1: ฉ., ฎ.)

5. Subprolate ( $P/E = 1.14-1.33$ ) พบ 2 ชนิด ได้แก่ *Bhesa paniculata* และ *Euonymus fortunei* (รูปที่ 1: ฉ., ฎ.)

ตารางที่ 2 ลักษณะสัณฐานวิทยาเรณูของพืชวงศ์มะดุก

		Species										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Type	monad	monad	monad	monad	monad	monad	monad	monad	monad	monad	monad	monad
Polarity	iso	iso	iso	iso	iso	iso	iso	iso	iso	iso	iso	iso
Symmetry	radial	radial	radial	radial	radial	radial	radial	radial	radial	radial	radial	radial
Aperture	3-C.	3-C.	3-C.	3-C.	3-C.	3-C.	3-C.	3-C.	3-C.	3-C.	3-C.	3-C.
P	17.68-21.15 (19.52 ± 1.16)	12.46-14.97 (3.62 ± 0.82)	21.60-24.83 (23.28 ± 1.63)	14.26-17.65 (15.56 ± 1.58)	15.63-18.37 (17.01 ± 0.94)	14.17-17.89 (16.14 ± 1.34)	18.76-21.05 (19.44 ± 0.88)	18.11-19.95 (18.63 ± 0.72)	17.28-18.71 (18.02 ± 0.55)	19.65-22.36 (20.46 ± 0.93)	14.82-18.81 (16.83 ± 1.40)	
E	14.29-16.12 (15.22 ± 0.58)	14.16-18.36 (16.18 ± 1.13)	25.17-28.53 (27.07 ± 1.12)	17.17-19.70 (18.42 ± 0.96)	19.49-21.81 (20.81 ± 1.04)	21.03-26.04 (23.1 ± 1.57)	19.51-23.38 (21.73 ± 1.01)	15.49-16.30 (16.02 ± 0.28)	19.5-21.11 (20.52 ± 0.51)	22.77-24.82 (23.89 ± 0.72)	16.95-20.47 (18.43 ± 1.01)	
Size	S	S	M	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Shape	subprolate	suboblate	suboblate	suboblate	suboblate	oblate	oblate spheroidal	subprolate	suboblate	suboblate	oblate spheroidal	
Ex.	0.67-1.04 (0.85 ± 0.14)	1.07-1.72 (1.41 ± 0.19)	2.08-2.52 (2.27 ± 0.16)	0.96-1.05 (0.99 ± 0.04)	0.98-1.56 (1.35 ± 0.26)	2.16-2.78 (2.42 ± 0.18)	1.04-1.33 (1.18 ± 0.11)	1.10-1.39 (1.08 ± 0.05)	1.32-1.56 (1.43 ± 0.11)	1.55-2.25 (1.91 ± 0.23)	1.03-1.39 (1.16 ± 0.12)	
Exs.	St	Re	Re	St-Re	Re	Re	Re	Re	Re	Re	Re	

1. *Bhesa paniculata* 2. *Celastrus paniculatus* 3. *Elaeodendron glaucum* 4. *E. viburnifolium* 5. *Enonymus bullatus* 6. *E. cochinchinensis* 7. *E. echinatus* 8. *E. fortunei* 9. *E. glaber* 10. *E. indicus* 11. *E. sootepensis*.  
P = Polar axis, E = Equatorial axis, Ex. = Exine thickness, Exs. = Exine sculpturing, 3-C. = 3-colporate, S = small, M = medium, St = striate, St-Re = striato-reticulate, Re = reticulate

### ช่องเปิด (Aperture)

ช่องเปิดของพืชที่ศึกษาครั้งนี้ส่วนใหญ่เป็นแบบ 3-colporate (รูปที่ 2: ก., ข.) ยกเว้นใน *Kokoona filiformis* พบช่องเปิด 2 แบบคือ ช่องเปิดแบบ 3-colporate และ 4-colporate (รูปที่ 2: ค., ง.) และใน *Siphonodon celastrineus* มีช่องเปิดแบบ 3-porate (รูปที่ 2: จ., ฉ.)

### ลวดลายของผนังชั้นเอกซัน (exine sculpturing)

ผนังเรณูชั้นเอกซันของพืชที่ศึกษาในครั้งนี้มีความหนาตั้งแต่ 0.85 ไมโครเมตร ใน *Bhesa paniculata* ถึง 2.42 ไมโครเมตรใน *Euonymus cochinchinensis* ลวดลายของผนังชั้นเอกซันมี 4 แบบ ได้แก่

1. แบบ reticulate เป็นรูปแบบที่ผนังเรณูมีลักษณะเหมือนตาข่ายมีรู หรือช่องกว้างมากกว่า 1 ไมโครเมตรพืชที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นแบบนี้ (รูปที่ 3: ก., ข.)
2. แบบ striate เป็นรูปแบบที่บริเวณผนังเรณูมีลักษณะเป็นสันวางตัวขนานกัน พบเฉพาะใน *Bhesa paniculata* (รูปที่ 3: ค., ง.)
3. แบบ striato-reticulate เป็นรูปแบบที่บริเวณผนังเรณูมีลักษณะเป็นสันที่วางตัวขนานกัน และมีการซ้อนทับกันของสันนั้น พบเฉพาะใน *Elaeodendron viburnifolium* (รูปที่ 3: จ., ฉ.)
4. แบบ punctate เป็นรูปแบบลวดลายที่ผิวของเรณูรูปร่างกลมโดยมีความเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องที่อยู่บนผนังเรณูมีขนาดน้อยกว่า 1 ไมโครเมตร พบเฉพาะใน *Kokoona filiformis* (รูปที่ 3: ช, ซ.)

### สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาสัณฐานวิทยาเรณูของพืชวงศ์มะดุกในประเทศไทยสามารถสรุปลักษณะโดยทั่วไปของพืชที่ศึกษาได้ดังนี้ เรณูในวงศ์มะดุกมี 2 รูปแบบ คือแบบเม็ดเดี่ยว และแบบกลุ่มละสี่ มีขั้วแบบ isopolar ขนาดของเรณูมีตั้งแต่ขนาดเล็กมาก (น้อยกว่า 10 ไมโครเมตร) ถึงขนาดปานกลาง (25-50 ไมโครเมตร) รูปร่างของเรณูมี 5 แบบได้แก่ oblate, suboblate, oblate spheroidal, prolate spheroidal และ subprolate ช่องเปิดมี 3 แบบได้แก่ 3-colporate, 3-porate และ 4-colporate และลวดลายของผนังชั้นเอกซันมี 4 แบบ คือ reticulate, striate, striato-reticulate และ punctate

การศึกษารูปแบบชนิดของเรณูสามารถแบ่งกลุ่มของพืชที่ทำการศึกษาระดับสกุลได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีเรณูเป็นแบบเม็ดเดี่ยว และกลุ่มที่มีเรณูเป็นแบบกลุ่มละสี่ โดยสามารถแยกสกุล *Lophopetalum* ออกจากสกุลอื่นโดยใช้ลักษณะการที่มีเรณูเป็นแบบกลุ่มละสี่ ออกจากสกุลที่เหลือลักษณะรูปร่างช่องเปิดสามารถแยกสกุล *Kokoona* ที่มีช่องเปิด 2 แบบคือ 3-colporate และ 4-colporate และใช้ลักษณะช่องเปิดแบบ 3-porate แยกสกุล *Siphonodon* ออกจากสกุลที่เหลือที่มีลักษณะช่องเปิดแบบ 3-colporate ได้ ลวดลายบนผนังเอกซัน แบบ striate สามารถใช้แยกสกุล *Bhesa* และลวดลายแบบ punctate สามารถใช้แยกในสกุล *Kokoona* ออกจากสกุลอื่นที่ส่วนใหญ่มีลวดลายบนผนังเอกซันแบบ reticulate ได้

		Species									
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Type	monad	monad	monad	monad	monad	monad	monad	monad	monad	monad	monad
Polarity	iso	iso	iso	iso	iso	iso	iso	iso	iso	iso	iso
Symmetry	radial	radial	radial	radial	radial	radial	radial	radial	radial	radial	radial
Aperture	3-C.	3-C.	3-C.	3-C.	3-C.	3-C.	3-C.	3-C.	3,4-C.	3-C.	3-C.
P	19.04-21.58 (20.43±0.94)	15.60-20.45 (18.13±1.69)	16.83-19.38 (17.7±1.13)	20.54-24.51 (23.07±1.20)	18.10-20.61 (19.46±0.90)	14.28-16.31 (15.76±0.70)	13.74-17.17 (15.18±1.17)	21.27-22.94 (22.67±1.18)	20.70-23.48 (21.84±1.10)	17.69-20.98 (19.32±1.25)	
E	22.30-24.05 (23.22±0.56)	19.54-22.90 (21.07±1.24)	18.35-22.20 (21.07±1.24)	20.49-25.15 (23.52±1.41)	18.79-21.62 (20.01±0.81)	15.53-19.20 (17.39±1.39)	18.86-21.73 (20.29±1.18)	28.49-32.41 (30.43±1.45)	22.56-25.98 (24.4±1.11)	20.13-23.71 (22.23±1.03)	
Size	S	S	S	S	S	S	S	M	S	S	
Shape	suboblate	suboblate	oblate	oblate	oblate	oblate	oblate	oblate	oblate	suboblate	
Ex.	0.91-1.39 (1.21±0.17)	0.92-1.37 (1.15±0.14)	0.80-1.63 (1.06±0.23)	1.23-1.62 (1.42±0.12)	0.99-1.43 (1.23±0.16)	1.02-1.42 (1.25±0.16)	0.90-1.10 (1.01±0.09)	1.40-1.87 (1.68±0.2)	0.71-1.58 (1.07±0.23)	0.81-1.46 (1.12±0.23)	
Exs.	Re	Re	Re	Re	Re	Re	Re	Pt	Re	Re	

12. *Etonymus theifolius* 13. *Glyptopetalum calorcarpum* 14. *G. gracilipes* 15. *G. quadrangulare* 16. *G. sclerocarpum* 17. *Gymnosporia curtisii*  
 18. *G. marcanii* 19. *Kokoona filiformis* 20. *Loeseneriella africana* 21. *L. pauciflora* P = Polar axis, E = Equatorial axis, Ex. = Exine thickness, Exs. = Exine sculpturing,  
 3-C. = 3-colporate, 3,4-C. = ช่องเปิด 2 แบบคือ 3-colporate และ 4-colporate, S = small, M = medium, Pt = punctate, Re = reticulate



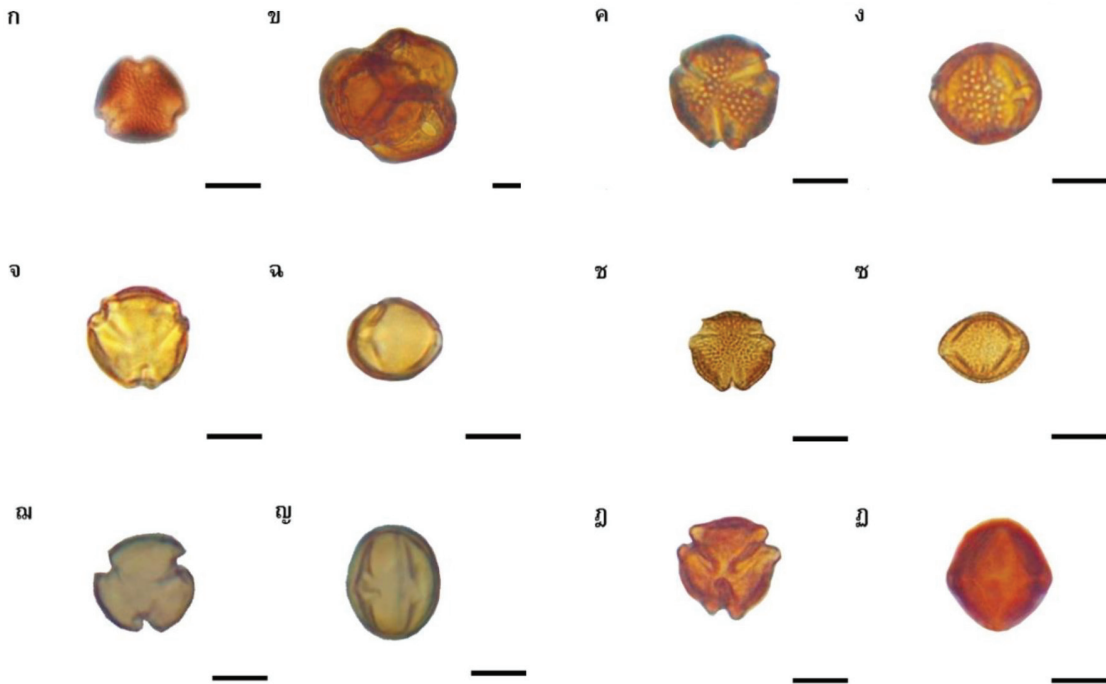
ตารางที่ 2 ลักษณะสัณฐานวิทยาของพืชวงศ์มะตุ๊ก (ต่อ)

		Species									
		22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Type	tetrad	tetrad	tetrad	tetrad	monad	monad	monad	monad	monad	monad	monad
Polarity	iso	iso	iso	iso	iso	iso	iso	iso	iso	iso	iso
Symmetry	radial	radial	radial	radial	radial	radial	radial	radial	radial	radial	radial
Aperture	3-C.	3-C.	3-C.	3-C.	3-C.	3-C.	3-C.	3-C.	3-C.	3-C.	3-P.
P	16.39-20.17 (18.78±1.10)	22.34-29.32 (26.76±2.50)	18.48-22.49 (20.18±1.85)	8.82-10.43 (9.61±0.51)	5.93-7.62 (6.65±0.62)	13.38-16.65 (14.64±0.99)	12.84-13.97 (13.63±0.34)	13.88-16.06 (14.95±0.85)	14.88-21.05 (19.02±1.70)	16.87-19.95 (18.58±0.83)	16.87-19.95 (18.58±0.83)
E	16.12-20.26 (17.97±1.19)	25.68-29.18 (27.91±1.09)	20.41-26.58 (23.96±1.81)	11.25-12.72 (11.83±0.44)	6.48-7.94 (7.28±0.56)	14.11-15.00 (14.63±0.26)	13.05-15.47 (14.07±0.80)	16.41-19.79 (17.7±1.44)	16.02-20.97 (18.7±1.58)	18.52-23.09 (21.22±1.20)	18.52-23.09 (21.22±1.20)
Size	S	M	S	S	XS	S	S	S	S	S	S
Shape	prolate spheroidal	oblate spheroidal	suboblate	suboblate	oblate spheroidal	oblate spheroidal	oblate spheroidal	suboblate	prolate	suboblate spheroidal	suboblate
Ex.	1.52-2.5 (1.93±0.38)	1.7-2.66 (2.26±0.32)	1.88-2.61 (2.30±0.25)	0.78-0.90 (0.85±0.07)	0.44-0.65 (0.52±0.09)	0.87-1.28 (0.93±0.17)	0.77-0.98 (0.85±0.09)	0.88-1.14 (1.13±0.16)	0.78-1.07 (0.96±0.1)	1.22-1.61 (1.45±0.15)	1.22-1.61 (1.45±0.15)
Exs.	Re	Re	Re	Re	Re	Re	Re	Re	Re	Re	Re

22. *Lophopetalum floribundum* 23. *L. javanicum* 24. *L. wallichii* 25. *Microtropis bivalvis* 26. *M. discolor* 27. *Reissantia grahamii* 28. *R. indica*

29. *Salacia chinensis* 30. *S. macrophylla* 31. *Siphonodon celastrineus* P = Polar axis, E = Equatorial axis, Ex. = Exine thickness, Exs. = Exine sculpturing,

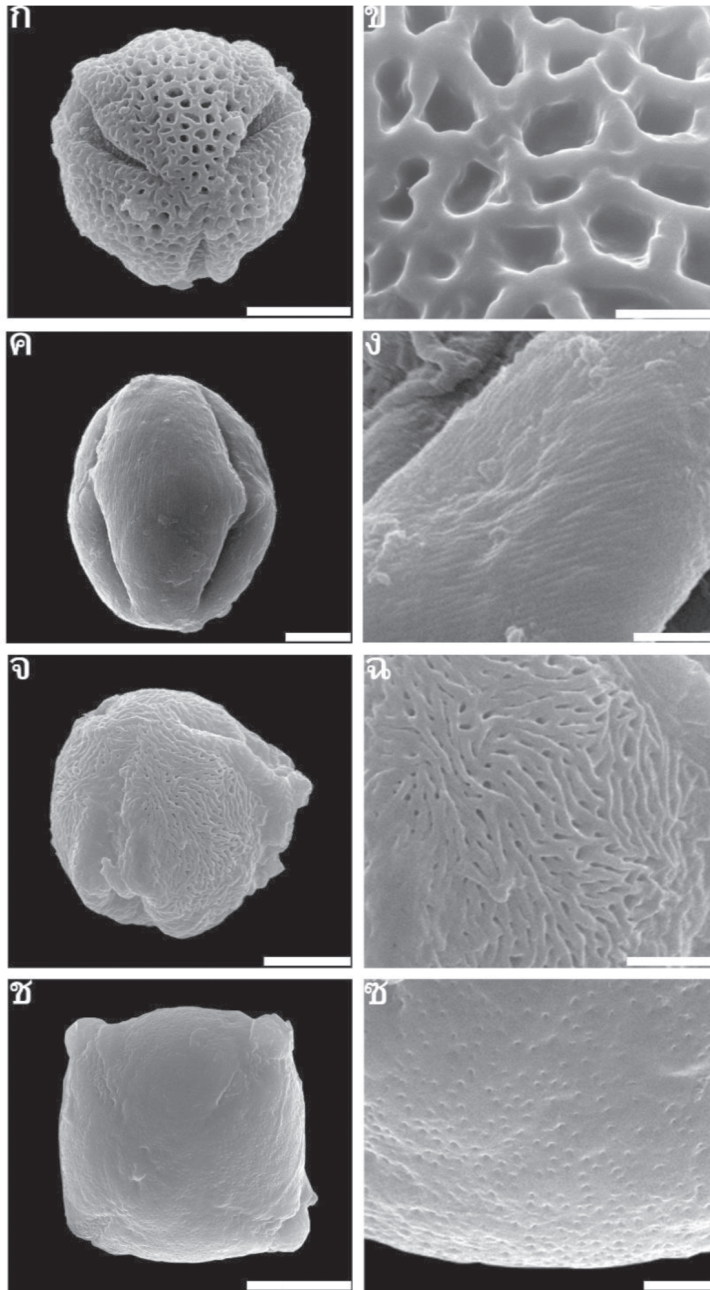
3-C. = 3-colporate, XS = very small, S = small, M = medium, Re = reticulate



รูปที่ 1 ชนิดและรูปร่างของเรณูของพืชวงศ์มะดุก: ก. เรณูแบบเดี่ยว (*Celastrus paniculatus*) ข. เรณูแบบกลุ่ม (*Lophopetalum javanicum*) ค. และ ง. รูปร่างแบบ suboblate (*Salacia chinensis*; ค. แนวซั่ว, ง. แนวเส้นศูนย์สูตร) จ. และ ฉ. รูปร่างแบบ oblate spheroidal (*Reissantia grahamii*; จ. แนวซั่ว, ฉ. แนวเส้นศูนย์สูตร) ช. และ ซ. รูปร่างแบบ oblate (*Euonymous cochinchinensis*; ช. แนวซั่ว, ซ. แนวเส้นศูนย์สูตร) ฅ. และ ญ. รูปร่างแบบ subprolate (*Bhesa paniculata*; ฅ. แนวซั่ว, ญ. แนวเส้นศูนย์สูตร) ฎ. และ ฏ. รูปร่างแบบ prolate spheroidal (*Salacia macrophylla*; ฎ. แนวซั่ว, ฏ. แนวเส้นศูนย์สูตร) (สเกล: 10 ไมโครเมตร)



รูปที่ 2 ช่องเปิดของเรณูของพืชวงศ์มะดุก: ก. และ ข. ช่องเปิดแบบ 3-colporate (*Gymnosporia curtisii*; ก. แนวซั่ว, ข. แนวเส้นศูนย์สูตร) ค. และ ง. ช่องเปิดแบบ 4-colporate (*Kokoona filiformis*; ค. แนวซั่ว, ง. แนวเส้นศูนย์สูตร) จ. และ ฉ. ช่องเปิดแบบ 3-porate (*Siphonodon celastrineus*; จ. แนวซั่ว, ฉ. แนวเส้นศูนย์สูตร) (สเกล: 10 ไมโครเมตร)



**รูปที่ 3** รูปแบบลวดลายบนผนังเอกซันของพีชวงศ์มะดุก: ก. และ ข. แบบ reticulate (*Euonymous cochinchinensis*, สเกล: ก. 10 ไมโครเมตร, ข. 2 ไมโครเมตร) ค. และ ง. แบบ striate (*Bhesa paniculata*, สเกล: ค. 5 ไมโครเมตร, ง. 1 ไมโครเมตร) จ. และ ฉ. แบบ striato-reticulate (*Elaeodendron viburnifolium*, สเกล: จ. 5 ไมโครเมตร, ฉ. 2 ไมโครเมตร) ช. และ ซ. แบบ punctate (*Kokoona filiformis*, สเกล: ช. 10 ไมโครเมตร, ซ. 2 ไมโครเมตร)

จากผลการศึกษาเมื่อพิจารณาในระดับชนิดพบลักษณะที่สามารถนำไปใช้ในการระบุชนิดของพืชบางสกุลได้ เช่น รูปร่างของเรณูสามารถใช้แยกระดับชนิดของพืชในสกุล *Euonymus*, *Glyptopetalum*, *Gymnosporia*, *Loeseneriella*, *Lophopetalum*, *Microtropis* และ *Salacia* โดยเรณูที่มีรูปร่างแบบ oblate (พบใน *Euonymus cochinchinensis*) ส่วนรูปร่างแบบ oblate spheroidal (พบใน *Euonymus echinatus*, *E. Sootepensis* และ *Lophopetalum javanicum*) และเรณูที่มีรูปร่างแบบ suboblate พบในพืชสกุล *Glyptopetalum* (พบใน *G. calorcapum*), *Loeseneriella* (พบใน *L. pauciflora*), *Lophopetalum* (พบใน *L. wallichii*), *Microtropis* (*M. bivalvis*) และ *Salacia* (พบใน *S. chinensis*) โดยสามารถใช้รูปร่างของเรณูในการแยกออกจากพืชชนิดอื่นในสกุลเดียวกันได้ ส่วนในสกุล *Microtropis* สามารถใช้ขนาดของเรณูมาช่วยในการจำแนกระดับชนิดได้ด้วย และใช้ขนาดของเรณูและลวดลายบนผนังเอกซิมในการแยก *Elaeodendron glaucum* และ *E. viburnifolium* ออกจากกัน เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาทางสัณฐานวิทยาของ Hou และคณะ [2] และการศึกษาวิวัฒนาการชาติพันธุ์ของ Simsons และคณะ [11] พบว่าการจัดจำแนกโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาเรณูไม่สอดคล้องกันกับลักษณะที่กล่าวมาเนื่องจากขนาด รูปร่างและลวดลายบนผนังเอกซิมของการศึกษาในครั้งนี้มีลักษณะที่ร่วมกันในแต่ละสกุลอยู่มาก และในบางสกุลที่สามารถจำแนกได้จะมีผลการจัดกลุ่มที่แตกต่างจากการใช้ลักษณะทางวิวัฒนาการชาติพันธุ์และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเรณู

เมื่อเปรียบเทียบผลการวิจัยในครั้งนี้กับงานวิจัยที่ผ่านมาพบทั้งลักษณะที่สอดคล้องได้แก่ ช่องเปิดที่มีช่องเปิดแบบ 3-colporate ขั้วแบบ isopolar และลวดลายบนผนังเอกซิมแบบ reticulate ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในสกุลเดียวกันของ Erdtman [3], Gavrilova และคณะ [4], Hou [5], Kasem [6], Kubitzki [1], Perveen และ Qauser [7], Rao และ Leonc [8] และ Vania และ Therezinha [9] ในการศึกษาครั้งนี้การมีช่องเปิดแบบ 3-porate ในสกุล *Siphonodon* ก็สอดคล้องกับการศึกษาของ Erdtman [3] พืชในสกุล *Elaeodendron* พบลวดลายบนผนังเอกซิมแบบ striato-reticulate ใน *E. viburnifolium* ซึ่งไม่มีการรายงานมาก่อน โดยการศึกษาก่อนหน้านี้ Gosling และคณะ [12], Rao และ Leonc [8] พบเฉพาะแบบ reticulate และ punctate ส่วนในสกุล *Kokoona* การมีช่องเปิด 2 แบบนั้นสอดคล้องกับการศึกษาของ Hou [5] ส่วนการมีลักษณะลวดลายบนผนังเอกซิมแบบ striate ในสกุล *Bhesa* สอดคล้องกับการศึกษาของ Wurdack และ Davis [13] ซึ่งลักษณะที่ไม่สอดคล้องกับการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นคือรูปร่างและขนาดของเรณู ซึ่งอาจเป็นเพราะความแตกต่างของชนิดพืชที่นำมาศึกษาของการศึกษาก่อนหน้านี้และทั้งสองลักษณะนี้มีความสัมพันธ์กัน ทำให้ได้ข้อมูลที่ไม่สอดคล้องกัน รวมถึงลักษณะสัณฐานวิทยาเรณูบางอย่าง อาจมีความผันแปรตามสิ่งแวดล้อมได้ จากการศึกษาของ Azzazy [14] พบว่าเรณูมีขนาดเล็กลงเมื่อได้รับมลพิษจากการทำอุตสาหกรรม และจากการศึกษาของ Delph และคณะ [15] และ Sénéchal และคณะ [16] พบว่ามลภาวะด้านสิ่งแวดล้อมยังส่งผลต่อการสร้างสาร์กายในของเรณู ด้านนิเวศวิทยาและวิวัฒนาการของเรณูอีกด้วย

การที่พบลักษณะที่มีความแตกต่างจากที่เคยมีรายงานมาก่อนในพืชบางสกุล ทำให้สามารถเพิ่มลักษณะทางสัณฐานวิทยาเรณูของพืชกลุ่มนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ลักษณะสัณฐานวิทยาเรณูสามารถใช้ในการสนับสนุนการจัดจำแนกพืชในระดับสกุลหรือชนิดร่วมกับการใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาของการจัดจำแนกในปัจจุบันได้

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือสำหรับการทำงานวิจัย หอพรรณไม้ สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ (QBG) ที่อำนวยความสะดวกในการศึกษาตัวอย่างพันธุ์ไม้แห้ง และการทำวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย

## เอกสารอ้างอิง

1. Kubitzki, K. (2004). *The families and genera of vascular plants vol. VI, flowering plants, dicotyledons: Celastrales, Oxalidales, Rosales, Cornales, Ericales*. 1<sup>st</sup> edition. Hongkong. SNP Best-set Typesetter Ltd. p. 489.
2. Hou, D., Savinov, A. I., & Welzen, V. P. (2010). Celastraceae. In: Flora of Thailand Vol. 10 part 2, 1<sup>st</sup> edition. Bangkok. Prachachon, p. 141-198.
3. Erdtman, G. (1952). Pollen morphology and plant taxonomy: Angiosperms. 1<sup>st</sup> edition. Sweden. Almquist & Wilsells. p. 539.
4. Gavriloova, O. A., Britski, D. A., Grigorieva, V. V., Tarasevich, V. F., Pozhidayev, A. E., & Leunova, V. M. (2018). Pollen morphology of the genus *Euonymus* (Celastraceae). *Turczaninowia*, 21(4), 188-206.
5. Hou, D. (1969). Pollen of *Sawawakodendron* (Celastraceae) and some related genera, with note on techniques. *Blumea*, 17(1), 97-120.
6. Kasem, W. T. (2016). Comparative pollen, seed morphology and the phytochemical constituents (using HPLC technique) between the different taxa of Celastraceae S.L. of Saudi Arabia. *Bulletin of Pure and Applied Sciences*, 35(1-2), 57-69.
7. Perveen, A., & Qauser, M. (2008). Pollen flora of Pakistan-LVIII. Celastraceae. *Pakistan Journal of Botany*, 40(3), 957-962.
8. Rao, A. N., & Leonc, F. L. (1974). Pollen morphology of certain tropical plants. *Reinwarntia*, 9(1), 153-176.
9. Vania, G. E., & Therezinha, S. M. (2000). Palinotaxonomia de espécies brasileiras de *Salacia* L. (Hippocrateaceae). *Brazilian Journal of Botany*, 23(4), 427-442.
10. Punt, W., Hoen, P. P., Blackmore, S., Nilsson, S., & Le Thomas, A. (2007). Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 143(1-2), 1-81.
11. Simons, M. P., Clevinger, C. C., Savolainen, V., Archer R. H., Mathews S., & Doyle, J. J. (2001). Phylogeny of the Celastraceae Inferred from phytochrome B gene sequence and morphology. *American Journal of Botany*, 8(2), 313-325.
12. Gosling, W. D., Miller, C. S., & Livingstone, D. A. (2013). Atlas of the tropical West African pollen flora. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 199, 1-135.

13. Wurdack, K. J., & Davis, C. C., (2009). Malpighiales Phylogenetic: Gaining ground on one of the most recalcitrant clades in the Angiospermtree of life. *American Journal of Botany*, 96(8), 1551-1570.
14. Azzazy, M. (2016). Environmental impacts of industrial pollution on pollen morphology of *Eucalyptus globulus* Labill. (Myrtaceae). *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 4(05), 57-62.
15. Delph, L. F., Stephenson, A. G., & Jóhannsson, M. H. (1997). How environmental factors affect pollen performance: *Ecological and evolutionary perspectives*. *Ecology*, 78(6), 1632-1639.
16. Sénéchal, H., Visez, N., Charpin, D., Shahali, Y., Peltre, G., Biolley, J. P., Lhuissier, F., Couderc, R., Yamada, O., Domenge, A. M., Thi, N. P., Poncet, P., & Sutra, J. P. (2015). A Review of the effects of major atmospheric pollutants on pollen grains, pollen content, and allergenicity. *The Scientific World Journal*, 15, 1-29.