

เรณูวิทยาของพืชวงศ์ปาล์มบางชนิด Palynology of some Arecaceae Species

ศรายุทธ รักอาชา¹, สุรพล แสนสุข^{2,4}, ปิยะพร แสนสุข^{3,4*}
Sarayut Rakarcha¹, Surapon Saensouk^{2,4}, Piyaporn Saensouk^{3,4*}

Received: 23 June 2017 ; Accepted: 20 October 2017

บทคัดย่อ

ศึกษาเรณูวิทยาของพืชวงศ์ปาล์ม (Arecaceae) จำนวน 12 ชนิด ได้แก่ *Adonidia merrillii*, *Bismarckia nobilis*, *Borassus flabellifer*, *Calamus caesius*, *Cocos nucifera*, *Dypsis lutescens*, *Hyophorbe lagenicaulis*, *Livistona chinensis*, *Phoenix dactylifera*, *P. roebelenii*, *Washingtonia robusta* และ *Wodyetia bifurcata* โดยนำเรณูมาศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าลักษณะเรณูเป็นเม็ดเดี่ยว สมมาตรด้านข้าง รูปร่างเมื่อสังเกตในด้านมุมบนเป็นแบบ elliptic-circular, elliptic หรือ subelliptic ช่องเปิดยาว 1 ช่อง ขนาดของเรณูมีความยาวแกนด้านยาว 20.10-55.66 ไมโครเมตร ความยาวแกนด้านสั้น 17.86-44.25 ไมโครเมตร และลวดลายบนผนังชั้นนอกขึ้นเป็นแบบ punctate, perforate, rugulate, granulate-punctate, granulate-reticulate หรือ reticulate ซึ่งลักษณะรูปร่าง ลวดลายผนังชั้นนอกขึ้น และผิวบริเวณช่องเปิดสามารถแบ่งพืชวงศ์ปาล์มออกเป็น 3 กลุ่ม และลักษณะสัณฐานวิทยาเรณูสามารถนำมาระบุพืชวงศ์ปาล์มได้บางชนิด

คำสำคัญ : สัณฐานวิทยาเรณู พืชวงศ์ปาล์ม

Abstract

The pollen grains of twelve species of the Arecaceae namely *Adonidia merrillii*, *Bismarckia nobilis*, *Borassus flabellifer*, *Calamus caesius*, *Cocos nucifera*, *Dypsis lutescens*, *Hyophorbe lagenicaulis*, *Livistona chinensis*, *Phoenix dactylifera*, *P. roebelenii*, *Washingtonia robusta* and *Wodyetia bifurcata* were studied using light and scanning electron microscopy. The pollen grains are monad with bilateral symmetry, elliptic-circular, elliptic or subelliptic in shape in polar view; monosulcate. Size averages for the long axis in polar view were 20.10–55.66 μm , and averages for the short axis in polar view were 17.86–44.25 μm . The exine sculpturing is punctate, perforate, rugulate, granulate-punctate, granulate-reticulate or reticulate. Based on observation of shape, exine sculpturing and surface of aperture we divide the Arecaceae into three groups. These characteristics of the pollen morphology can be used to identify some species in the Arecaceae.

Keywords: Pollen morphology, Arecaceae

¹ นิสิตปริญญาเอก, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สถาบันวิจัยวลัยรุกขเวช มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

⁴ หน่วยวิจัยอนุกรมวิธานพืชและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและการประยุกต์ใช้ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

¹ Ph. D. student, Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantarawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand, cadetcampus@hotmail.com

² Assistant Professor, Walai Rukhvej Botanical Research Institute, Mahasarakham University, Kantarawichai District, Mahasarakham, 44150, Thailand, surapon.s@msu.ac.th

³ Assistant Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantarawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand, pcornukaempferia@yahoo.com

⁴ Plant and Invertebrate Taxonomy and Its Applications Unit Group, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantarawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand

* Corresponding author: pcornukaempferia@yahoo.com

บทนำ

พืชวงศ์ปาล์ม (Arecaceae) เป็นไม้ต้น ไม้พุ่มหรือไม้เถาที่มีเนื้อแข็ง ลำต้นเดี่ยว มีข้อปล้องที่ชัดเจนโคนก้านใบแผ่ออกเป็นกาบหุ้มลำต้น ใบมีรอยพับจีบช่อดอกออกด้านข้าง มีใบประดับดอกมืออย่างละ 3 กลีบ ผลมีเนื้อส่วนใหญ่มีเมล็ดเดี่ยว^{1, 2} ทั่วโลกมีอยู่ 189 สกุล ประมาณ 2,000 ชนิด มีการกระจายพันธุ์ในเขตร้อน ในทวีปอเมริกา เอเชีย และแอฟริกา³ ในประเทศไทยพบ 33 สกุล ประมาณ 166 ชนิด⁴ พืชในวงศ์นี้มีการใช้ประโยชน์หลากหลาย ด้านอาหาร เช่น ปาล์มน้ำมันและมะพร้าว นำมาผลิตน้ำมันเพื่อการบริโภค อินทผลัม ตาล และชิต มักจะบริโภคส่วนของผล ด้านที่อยู่อาศัย เช่น หลาวชะโอน นำมาทำเสาบ้าน พื้นบ้านและฝาบ้าน หวายใช้ผูกมัดในการก่อสร้าง ทำเครื่องเรือน เฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ ด้านเครื่องนุ่งห่ม เช่น หมากสง ส่วนของผลถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของสีย้อม ด้านยารักษาโรค โดยใช้ส่วนของรากนำมาเป็นส่วนผสมของยา เช่น รากตาล รากมะพร้าว และรากหมาก เป็นต้น นอกจากนี้พืชวงศ์ปาล์มเป็นที่นิยมนำมาปลูกเป็นไม้ดอกไม้ประดับตามสถานที่ต่าง ๆ เช่น ตาลฟ้า ปาล์มแซมเปญ สิบสองปันนา และเต่าร้าง เป็นต้น^{5, 6}

ในการศึกษาทางด้านอนุกรมวิธานพืชวงศ์ปาล์มจะใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาเป็นหลัก บางครั้งการจำแนกพืชที่มีความใกล้เคียงกันโดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอหรือทำให้เกิดความสับสนในการระบุชื่อวิทยาศาสตร์ในระดับสกุลหรือชนิด โดยเฉพาะกลุ่มพืชที่มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน เช่น การศึกษาของ Henderson and Bacon⁷ ได้ศึกษาพืชสกุล *Lanonia* ซึ่งเป็นสกุลใหม่ในพืชวงศ์ปาล์มโดยแยกออกมาจากสกุล *Licuala* โดยพบว่าทั้งสองสกุลมีลักษณะทั่วไปที่คล้ายกันซึ่งทั้งสองสกุลจะแยกออกจากกันโดยใช้เส้นกลางใบที่ขยายมาจากส่วนของก้านใบจะเห็นได้ชัดบริเวณผิวใบด้านล่างที่เรียกว่า *costa* ซึ่งปัจจุบันยังคงเป็นปัญหาที่สำคัญในการใช้ลักษณะดังกล่าวในการแยกทั้งสองสกุล นอกจากนี้ในปัจจุบันการศึกษานุกรมวิธานของพืชวงศ์ปาล์มได้นำข้อมูลด้านต่าง ๆ มาประกอบการจัดจำแนกทั้งข้อมูลด้านกายวิภาคศาสตร์ เช่น การศึกษาของ Barfod⁸ ข้อมูลทางด้านชีวโมเลกุล เช่น การศึกษาของ Dransfield et al.⁹ และข้อมูลด้านสัณฐานวิทยาเรณูซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากในการศึกษานุกรมวิธานของพืชวงศ์ปาล์ม เช่น Sowunmi¹⁰ ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาเรณูของพืชวงศ์ปาล์มจำนวน 350 ชนิด และนำข้อมูลทางด้านสัณฐานวิทยาเรณูมาจัดจำแนกพืชวงศ์ปาล์มออกเป็นกลุ่ม พบว่าเรณูมีขนาด 20-75 ไมโครเมตร รูปร่างส่วนใหญ่เป็นแบบ elliptic ช่องเปิดโดยทั่วไปเป็นช่องเปิดยาว (colpus) และมีลวดลายบนผนังชั้นนอก

ชั้นที่หลากหลายได้แก่ punctate, reticulate, vermiculate, verrucose, psilate, clavate, baculate หรือ spinulose ซึ่งนำข้อมูลที่ได้นำมาประกอบการจำแนกพืชวงศ์ปาล์มตามระบบการจัดจำแนกของนักพฤกษศาสตร์หลายท่าน อาทิเช่น Burret¹¹, Hutchinson¹² และ Moore¹³ เป็นต้น โดยพบว่าข้อมูลทางด้านเรณูไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะทางสัณฐานวิทยา กายวิภาคศาสตร์ และข้อมูลทางด้านเซลล์วิทยาในการจัดจำแนกวงศ์ย่อย (subfamily) Arecoideae, Borassoideae และ Cocoideae ออกเป็นกลุ่มย่อย (subgroup) และยังมีรายงานสัณฐานวิทยาเรณูเพื่อมาประกอบการจำแนกภายในวงศ์หรือลักษณะที่สำคัญซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการศึกษาด้านอนุกรมวิธานของพืชวงศ์ปาล์ม พบว่าลักษณะสัณฐานวิทยาเรณูที่สำคัญของพืชวงศ์ปาล์มคือ เรณูขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่ (10-100 ไมโครเมตร) โดยส่วนใหญ่จะไม่มีสมมาตรหรืออาจจะพบมีสมมาตรด้านข้าง ช่องเปิดมีรายงานไว้มากกว่า 17 แบบ เช่น monosulcate, disulcate, trichotomosulcate, zonosulcate หรืออาจจะไม่มีช่องเปิด แต่รายงานส่วนใหญ่เรณูของพืชวงศ์ปาล์มจะมีช่องเปิดแบบ monosulcate ลวดลายผนังชั้นนอกซึ่งมีความหลากหลายได้แก่ punctate, perforate, reticulate, negatively reticulate, vermiculate, verrucose, psilate, clavate, baculate, spinulose หรือ อาจจะพบลวดลายผนังชั้นนอกซึ่งหลายแบบใน 1 เรณู เช่น ลวดลายผนังเรณูแบบ perforate หรือ rugulate ใน *Wodyetia bifurcata*¹⁴⁻²¹ ในการศึกษาของ Harley and Dransfield²² ที่บ่งบอกว่าช่องเปิดของเรณูไม่ได้มีเฉพาะช่องเปิดยาว ซึ่งพบช่องเปิดแบบ 3 ช่องเปิดกลม ในวงศ์ย่อย Arecoideae ในสกุล *Areca* และ *Sclerosperma* บางชนิด ซึ่งโดยทั่วไปแล้วพืชวงศ์ปาล์มจะมีเพียง 1 ช่องเปิดยาว ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังพบช่องเปิดแบบเป็นวงรอบเรณู (zonosulcate) ในสกุล *Areca* เช่น *A. abdulhamanii* และ *A. chaiana*

จากการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นพบว่าลักษณะของเรณูสามารถนำมาช่วยในการจัดจำแนกในลำดับทางอนุกรมวิธานทั้งในระดับวงศ์ย่อย สกุล หรือชนิดได้เนื่องจากเรณูมีความหลากหลายของโครงสร้างผนังชั้นนอกซึ่ง ลวดลาย จำนวนช่องเปิด สมมาตร ขนาด และรูปร่าง นอกจากนี้สัณฐานวิทยาเรณูสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์กับงานด้านธรณีวิทยา โบราณคดี นิเวศวิทยา การวิเคราะห์น้ำผึ้ง และการศึกษาทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ เพราะโครงสร้างของผนังเรณูทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ เช่น อุณหภูมิสูง กรด และด่าง เป็นต้น ทำให้สามารถคงสภาพได้เป็นเวลานาน^{14, 23, 24} ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้านี้ได้ศึกษาสัณฐานวิทยาของเรณูของพืชวงศ์ปาล์มบางชนิด เนื่องจากยังไม่มีรายงานการศึกษา

สัณฐานวิทยาของพืชวงศ์ปาล์มในประเทศไทยมาก่อน คาดว่าการศึกษาครั้งนี้จะสามารถนำข้อมูลทางด้านสัณฐานวิทยาเรณูมาใช้ในการระบุชนิด และมีประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยในด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

ศึกษาสัณฐานวิทยาเรณูของพืชวงศ์ปาล์ม 12 ชนิด ดัง Table 1 ซึ่งพรรณไม้อ้างอิงจะถูกเก็บรักษาไว้ที่ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ศึกษาสัณฐานวิทยาเรณูโดยประยุกต์วิธีอะซีโตไลซิสของ Erdtman²⁵ โดยนำอับเรณูของพืชวงศ์ปาล์มมารักษาสภาพในเอทิลแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำอับเรณูใส่ในหลอดแก้ว (centrifuge tube) เติมน้ำเอทิลแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ ใช้แท่งแก้วคนบดให้อับเรณูแตก นำไปกรองด้วยถ้วยกรองแล้วใส่น้ำเอทิลแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ ล้างตามนำส่วนที่กรองได้ใส่น้ำเอทิลแอลกอฮอล์ 70, 95, และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยเทส่วนบนทิ้งบางส่วน แบ่งส่วนที่เหลือออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเทเอทิลแอลกอฮอล์ 100 เปอร์เซ็นต์ ออกให้หมด แล้วเติมน้ำมันเบนซิน (benzene) จากนั้นเขย่า แล้วเทส่วนบนทิ้งบางส่วน เติมน้ำมันซิลิโคน (silicon oil) คนให้เข้ากันปิดฝาอย่างหลวม ๆ ทิ้งไว้ข้ามคืน นำไปผึ่ง

ทำเป็นสไลด์กึ่งถาวร โดยการใช้พาราฟิน (paraffin) หลอมแล้วปิดทับด้วยกระจกปิดสไลด์ ศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงโดยจะสังเกตด้านมุมบน (polar view) วัดขนาดเรณูจำนวน 30 เม็ดต่อ 1 ชนิด โดยวัดความยาวแกนด้านยาว (long axis) และความยาวแกนด้านสั้น (short axis) เพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน บันทึกภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงรุ่น Axio Lab A1 เพื่อศึกษาซ้ำ สมมาตร รูปร่าง ขนาดเรณู จำนวนและชนิดของช่องเปิด ส่วนที่สองเก็บในแอลกอฮอล์ 100 เปอร์เซ็นต์ ในขวดไวแอล (vial) แล้วนำตัวอย่างเรณูที่ได้มาติดบนแท่นติดตัวอย่าง (stub) นำไปเคลือบทอง แล้วนำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดรุ่น JEOL: JSM 8460 LV เพื่อศึกษาลักษณะของช่องเปิดและลวดลายบนผนังเรณู ระบุชนิดพืชวงศ์ปาล์มตามหนังสือ Flora of Thailand 2013 vol. 11 part 3 ของ Barford and Dransfield⁴ และคู่มือปาล์มประดับของ ปิยะ เฉลิมกลิ่น⁶ รูปร่างของเรณูประยุกต์ใช้ตามวิธีของ Harley and Dransfield²² โดยใช้ค่าเฉลี่ยความยาวแกนด้านยาวหารด้วยค่าเฉลี่ยความยาวแกนด้านสั้น ขนาดของเรณูจำแนกตามวิธีการของ Erdtman¹⁴ โดยใช้ความยาวแกนด้านที่ยาวที่สุด ค่าศัพท์เรณูใช้ตาม Punt et al.

Table 1 List of Arecaceae species in present study.

Species	Local name	Locations	Collection numbers
1. <i>Adonidia merrillii</i> (Becc.) Becc.	ปาล์มนวล	Mahasarakham Province	Rakarcha 81
2. <i>Bismarckia nobilis</i> Hildebr. & H.Wendl.	ตาลฟ้า	Kalasin Province	Rakarcha 82
3. <i>Borassus flabellifer</i> L.	ตาล	Mahasarakham Province	Rakarcha 83
4. <i>Calamus caesius</i> Blume	หวาย	Udonthani Province	Rakarcha 84
5. <i>Cocos nucifera</i> L.	มะพร้าว	Mahasarakham Province	Rakarcha 85
6. <i>Dypsis lutescens</i> (H.Wendl.) Beentje & J.Dransf.	หมากเหลือง	Mahasarakham Province	Rakarcha 86
7. <i>Hyophorbe lagenicaulis</i> (L.H.Bailey) H.E.Moore	ปาล์มแชมเปญ	Udonthani Province	Rakarcha 87
8. <i>Livistona chinensis</i> (Jacq.) R.Br. ex Mart.	ปาล์มจีน	Mahasarakham Province	Rakarcha 88
9. <i>Phoenix dactylifera</i> L.	อินทผลัม	Mahasarakham Province	Rakarcha 89
10. <i>Phoenix roebelenii</i> O'Brien	ปาล์มสิบสองปันนา	Chaiyaphum Province	Rakarcha 90
11. <i>Washingtonia robusta</i> H.Wendl.	ปาล์มเปิดดีโก้	Mahasarakham Province	Rakarcha 91
12. <i>Wodyetia bifurcata</i> A.K.Irvine	ปาล์มฟอกสีเทล	Mahasarakham Province	Rakarcha 92

ผลการศึกษา

จากการศึกษาสัณฐานวิทยาเรณูของพืชวงศ์ปาล์มบางชนิด ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าพืชดังกล่าวมีลักษณะทั่วไป

คือ เป็นเม็ดเดี่ยว (monad) สมมาตรแบบด้านข้าง (bilateral symmetry) ช่องเปิดยาว 1 ช่อง (monosulcate) และรายละเอียดในแต่ละชนิดจะกล่าวดังต่อไปนี้ (Table 2 และ Figures 1-3)

ขนาด (size)

เรณูที่ศึกษาในครั้งนี้มีขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่ (10-100 ไมโครเมตร) โดยพืชที่นำมาศึกษาโดยส่วนใหญ่เรณูมีขนาดกลางได้แก่ *Borassus flabellifer*, *Dypsis lutescens*, *Hyophorbe lagenicaulis* และ *Livistona chinensis* ส่วน *phoenix dactylifera* และ *P. roebelenii* เรณูมีขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังพบขนาดเรณู 2 ขนาดปะปนกันในพืชที่ทำการศึกษาได้แก่ *Bismarckia nobilis*, *Calamus caesius* และ *Washingtonia robusta* พบเรณูขนาดเล็กและเรณูขนาดกลาง *Adonidia merrillii*, *Cocos nucifera* และ *Wodyetia bifurcata* พบเรณูขนาดกลางและเรณูขนาดใหญ่ ความยาวของแกนด้านยาว 20.10 ไมโครเมตร ใน *Phoenix roebelenii* ถึง 55.66 ไมโครเมตร ใน *Wodyetia bifurcata* ความยาวของแกนด้านสั้น 17.86 ไมโครเมตร ใน *Phoenix dactylifera* ถึง 44.25 ไมโครเมตร ใน *Cocos nucifera*

รูปร่าง (shape)

รูปร่างของเรณูแบ่งตามอัตราส่วนระหว่างความยาวของแกนด้านยาวต่อความยาวของแกนด้านสั้นเมื่อสังเกตในมุมมอง พบรูปร่างของเรณู 3 รูปร่างดังต่อไปนี้

รูปร่างเรณูแบบ elliptic-circular ($La/Sa = 1.01-1.13$) พบใน *Adonidia merrillii* (Figure 1a-b), *Borassus flabellifer* (Figure 1g-h), *Cocos nucifera* (Figure 2a-b), *Livistona chinensis* (Figure 2j-k), *Phoenix roebelenii* (Figure 3d-e) และ *Washingtonia robusta* (Figure 3g-h)

รูปร่างเรณูแบบ subelliptic ($La/Sa = 1.14-1.32$) พบใน *Calamus caesius* (Figure 1j-k), *Dypsis lutescens* (Figure 2d-e), *Hyophorbe lagenicaulis* (Figure 2g-h) และ *Phoenix dactylifera* (Figure 3a-d)

รูปร่างเรณูแบบ elliptic ($La/Sa = 1.33-2.00$) พบใน *Bismarckia nobilis* (Figure 1d-e) และ *Wodyetia bifurcata* (Figure 3j-k)

ช่องเปิด (Aperture)

ช่องเปิดของพืชวงศ์ปาล์มทั้งหมดที่ศึกษาเป็นแบบ monosulcate ซึ่งมีลักษณะเป็นช่องเปิดเดี่ยวที่ยาวอยู่บริเวณ distal ของเรณู มีความยาวของช่องเปิดตั้งแต่ 14.37 ไมโครเมตร ใน *Phoenix roebelenii* ถึง 43.56 ไมโครเมตร ใน *Cocos nucifera* ผิวของช่องเปิดส่วนใหญ่จะขรุขระ ยกเว้น *Cocos*

nucifera (Figure 2b), *Hyophorbe lagenicaulis* (Figure 2h) และ *Livistona chinensis* (Figure 2k) ที่ผิวของช่องเปิดจะเรียบอย่างเห็นได้ชัดเจน

ลวดลายของผนังชั้นเอกซัน (Exine sculpturing)

ผนังเรณูของพืชวงศ์ปาล์มที่ทำการศึกษาในครั้งนี้มีความหนาตั้งแต่ 1.64 ไมโครเมตร ใน *Calamus caesius* ถึง 2.62 ไมโครเมตร ใน *Washingtonia robusta* ลวดลายของผนังชั้นเอกซันสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 แบบ

ลวดลายบนผนังชั้นเอกซันแบบที่ 1 คือ punctate ลวดลายที่ผิวของเรณูรูปร่างกลมหรือเป็นเส้นยาวโดยมีความยาวหรือเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องที่อยู่บนผนังเรณูมีขนาดน้อยกว่า 1 ไมโครเมตร ประกอบด้วย *Adonidia merrillii* (Figure 1c), *Cocos nucifera* (Figure 2c) และ *Livistona chinensis* (Figure 2l)

ลวดลายบนผนังชั้นเอกซันแบบที่ 2 คือ regulate ซึ่งมีลักษณะของผนังเรณูเป็นเส้นยาวมีความยาวมากกว่า 1 ไมโครเมตร และจัดเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ พบเฉพาะใน *Bismarckia nobilis* (Figure 1f)

ลวดลายบนผนังชั้นเอกซันแบบที่ 3 คือ reticulate ซึ่งผนังเรณูมีลักษณะเหมือนตาข่าย มีรูหรือช่องกว้างมากกว่า 1 ไมโครเมตร พบใน *Phoenix actylifera* (Figure 3c), *P. roebelenii* (Figure 3f) และ *Washingtonia robusta* (Figure 3i)

ลวดลายบนผนังชั้นเอกซันแบบที่ 4 คือ punctate-granulate ซึ่งมีลักษณะผิวโดยทั่วไปเป็นแบบ punctate แต่ที่ผิวมีแกรนูล (granulate) เป็นตุ่มโค้งมน พบเฉพาะใน *Borassus flabellifer* (Figure 1i)

ลวดลายบนผนังชั้นเอกซันแบบที่ 5 คือ reticulate-granulate ซึ่งมีลักษณะผิวโดยทั่วไปเป็นแบบ reticulate แต่ที่ผิวบริเวณช่องมีแกรนูลเป็นตุ่มโค้งมน พบเฉพาะใน *Calamus caesius* (Figure 1l)

ลวดลายบนผนังชั้นเอกซันแบบที่ 6 คือ perforate มีลักษณะคือผิวเรณูมีรูที่ผิว ขนาดของรูมีความกว้างน้อยกว่า 1 ไมโครเมตร พบใน *Dypsis lutescens* (Figure 2f), *Hyophorbe lagenicaulis* (Figure 2i) และ *Wodyetia bifurcata* (Figure 3l)

Table 2 Pollen morphological characters of Arecaceae.

La = long axis, Sa = short axis, La/Sa = long axis/short axis, Et = exine thickness, Cl = colpus length

Species	La (μm)	Sa (μm)	La/Sa	Et (μm)	Cl (μm)
1. <i>Adonidia merrillii</i>	40.00-52.50 (46.83 \pm 3.76)	37.50-52.50 (43.58 \pm 3.75)	1.07	1.66-2.71 (2.08 \pm 0.34)	23.95-29.16 (26.65 \pm 2.19)
2. <i>Bismarckia nobilis</i>	25.00-37.50 (31.33 \pm 3.26)	17.50-30.00 (23.17 \pm 3.00)	1.35	1.65-2.90 (2.21 \pm 0.36)	20.75-28.95 (25.09 \pm 3.34)
3. <i>Borassus flabellifer</i>	35.00-45.00 (39.92 \pm 2.58)	30.00-45.00 (37.93 \pm 3.29)	1.05	1.27-2.88 (2.01 \pm 0.44)	20.65-36.25 (28.18 \pm 6.13)
4. <i>Calamus caesius</i>	22.50-32.50 (26.58 \pm 2.22)	10.00-27.5 (23.05 \pm 3.05)	1.15	1.00-2.21 (1.64 \pm 0.43)	19.87-25.71 (22.49 \pm 2.27)
5. <i>Cocos nucifera</i>	42.50-52.50 (46.92 \pm 3.06)	37.50-50.00 (44.25 \pm 2.80)	1.06	1.32-2.29 (1.67 \pm 0.35)	39.08-47.61 (43.56 \pm 2.89)
6. <i>Dypsis lutescens</i>	30.00-37.50 (34.50 \pm 2.89)	25.00-35.00 (29.67 \pm 1.94)	1.16	1.61-2.55 (2.15 \pm 0.27)	25.00-38.00 (32.65 \pm 4.85)
7. <i>Hyophorbe lagenicaulis</i>	30.00-42.50 (35.50 \pm 2.58)	25.00-37.50 (29.42 \pm 3.12)	1.21	1.81-2.70 (2.26 \pm 0.34)	26.31-35.42 (31.04 \pm 3.82)
8. <i>Livistona chinensis</i>	32.50-50.00 (41.08 \pm 3.98)	30.00-47.50 (38.75 \pm 3.76)	1.06	1.90-2.63 (2.24 \pm 0.27)	31.58-42.58 (37.24 \pm 3.98)
9. <i>Phoenix dactylifera</i>	16.78-24.95 (21.17 \pm 2.73)	15.00-23.75 (17.86 \pm 2.37)	1.19	1.56-2.57 (2.01 \pm 0.38)	17.75-20.15 (19.30 \pm 1.03)
10. <i>Phoenix roebelenii</i>	15.50-25.00 (20.10 \pm 1.87)	17.50-22.50 (18.92 \pm 1.93)	1.06	1.15-2.16 (1.65 \pm 0.30)	12.96-16.35 (14.37 \pm 1.59)
11. <i>Washingtonia robusta</i>	22.50-27.50 (24.87 \pm 1.61)	20.00-27.50 (22.33 \pm 2.36)	1.11	2.21-3.63 (2.62 \pm 0.48)	16.35-21.75 (18.87 \pm 1.93)
12. <i>Wodyetia bifurcata</i>	50.00-60.00 (55.66 \pm 3.47)	32.50-45.00 (37.92 \pm 3.35)	1.47	1.15-2.78 (1.92 \pm 0.49)	27.66-35.93 (30.74 \pm 3.39)

Table 2 Pollen morphological characters of Arecaceae. (continue)

Species	Shape	Symmetry	Size	Exine sculpturing
1. <i>Adonidia merrillii</i>	elliptic-circular	bilateral	medium-large	punctate
2. <i>Bismarckia nobilis</i>	elliptic	bilateral	small-medium	rugulate
3. <i>Borassus flabellifer</i>	elliptic-circular	bilateral	medium	granulate-punctate
4. <i>Calamus caesius</i>	subelliptic	bilateral	small-medium	granulate-reticulate
5. <i>Cocos nucifera</i>	elliptic-circular	bilateral	medium-large	punctate
6. <i>Dypsis lutescens</i>	subelliptic	bilateral	medium	perforate
7. <i>Hyophorbe lagenicaulis</i>	subelliptic	bilateral	medium	perforate
8. <i>Livistona chinensis</i>	elliptic-circular	bilateral	medium	punctate
9. <i>Phoenix dactylifera</i>	subelliptic	bilateral	small	reticulate
10. <i>Phoenix roebelenii</i>	elliptic-circular	bilateral	small	reticulate
11. <i>Washingtonia robusta</i>	elliptic-circular	bilateral	small-medium	reticulate
12. <i>Wodyetia bifurcata</i>	elliptic	bilateral	medium-large	perforate

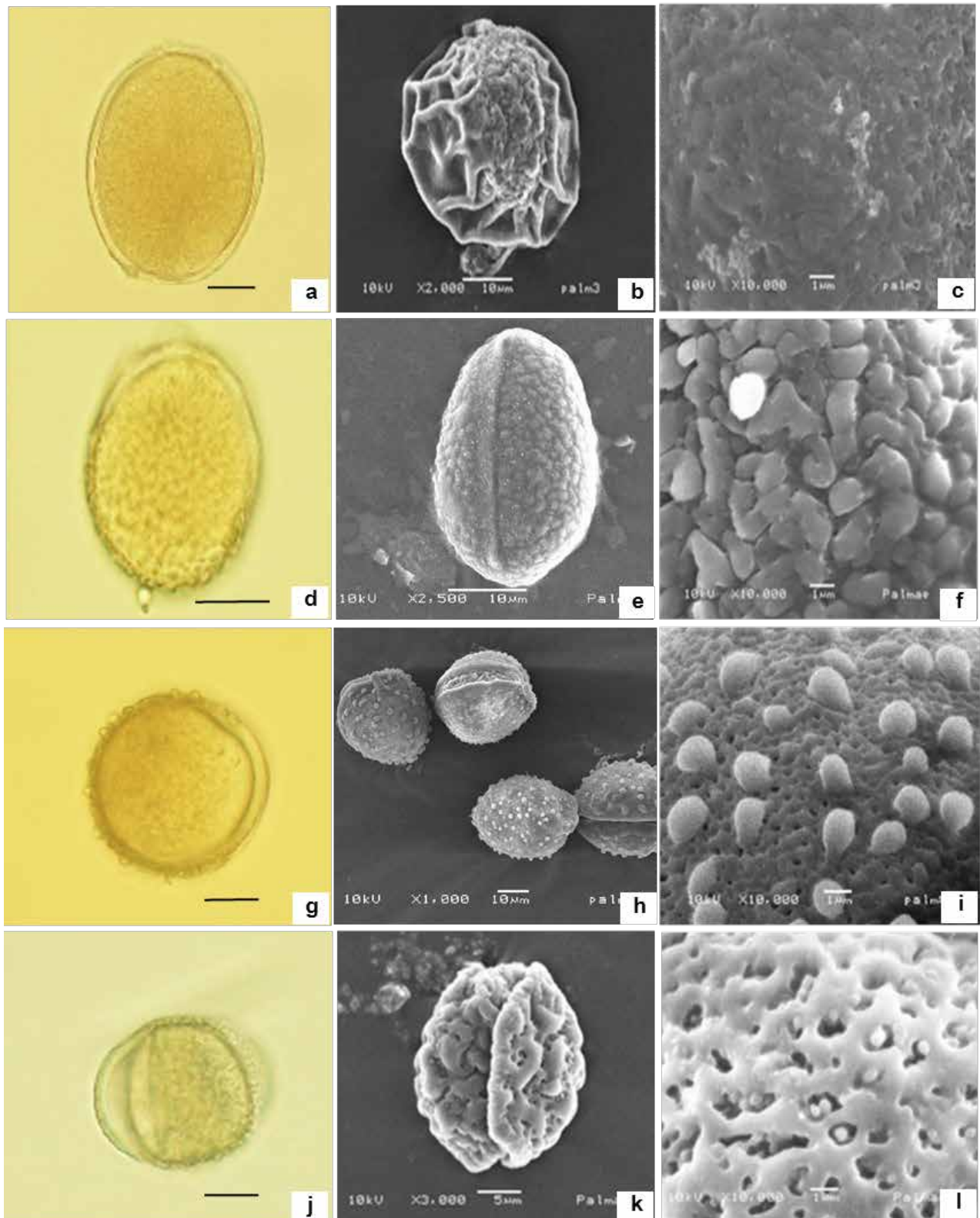


Figure 1 Light micrographs of pollen grains in species of Arecaceae: *Adonidia merrillii* (a), *Bismarckia nobilis* (d), *Borassus flabellifer* (g), *Calamus caesius* (j) (scale bars: a, d, g, j = 10 μ m). Scanning electron micrograph (SEM) of pollen grain in species of Arecaceae: *Adonidia merrillii* (b-c), *Bismarckia nobilis* (e-f), *Borassus flabellifer* (h-i), *Calamus caesius* (k-l) (polar view b, e, h and k; exine pattern c, f, i and l).

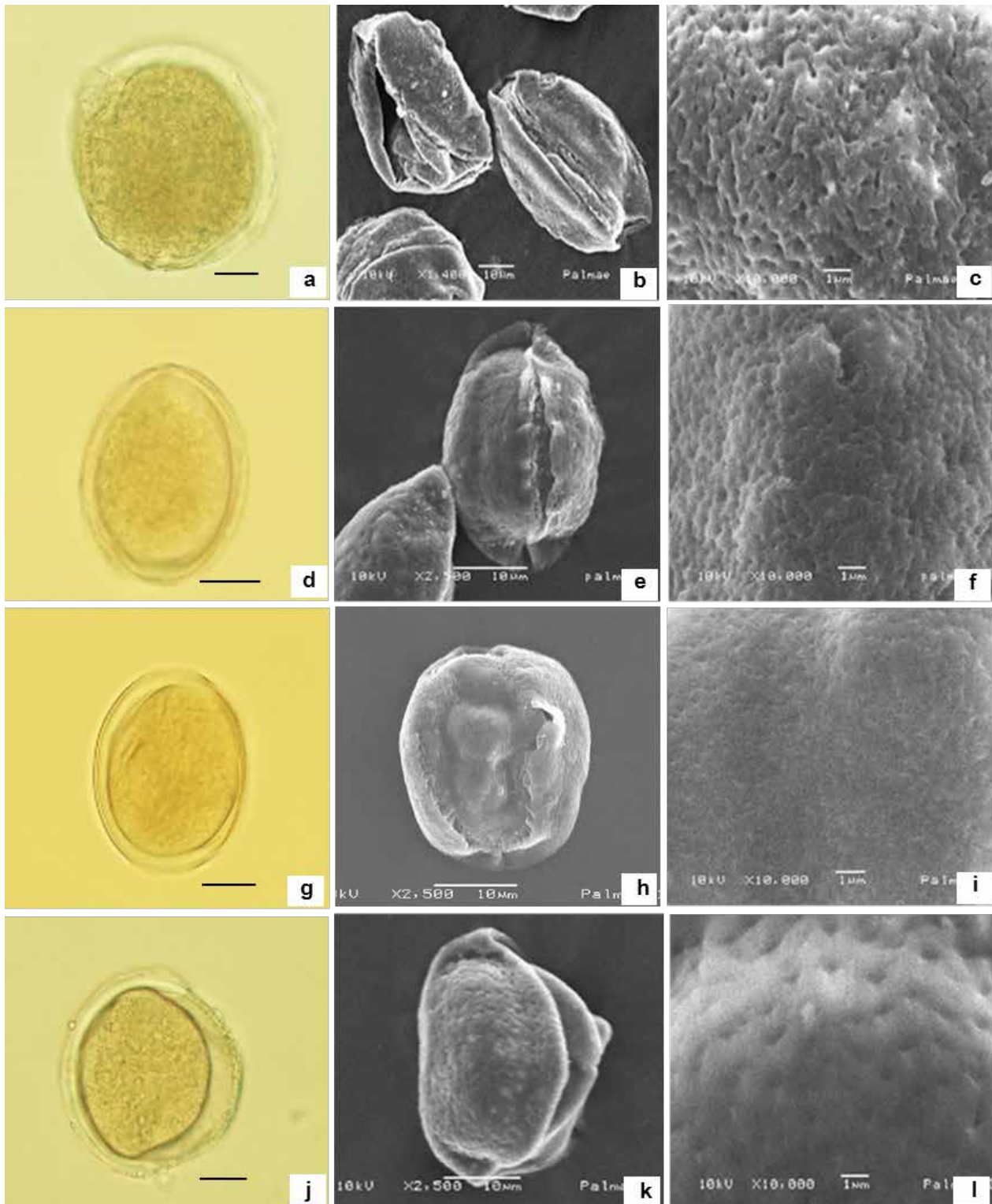


Figure 2 Light micrographs of pollen grains in species of Arecaceae: *Cocos nucifera* (a), *Dypsis lutescens* (d), *Hyophorbe lagenicaulis* (g), *Livistona chinensis* (j) (scale bars: a, d, g, j = 10 μ m). Scanning electron micrograph (SEM) of pollen grain in species of Arecaceae: *Cocos nucifera* (b-c), *Dypsis lutescens* (e-f), *Hyophorbe lagenicaulis* (h-i), *Livistona chinensis* (k-l) (polar view b, e, h and k; exine pattern c, f, i and l).

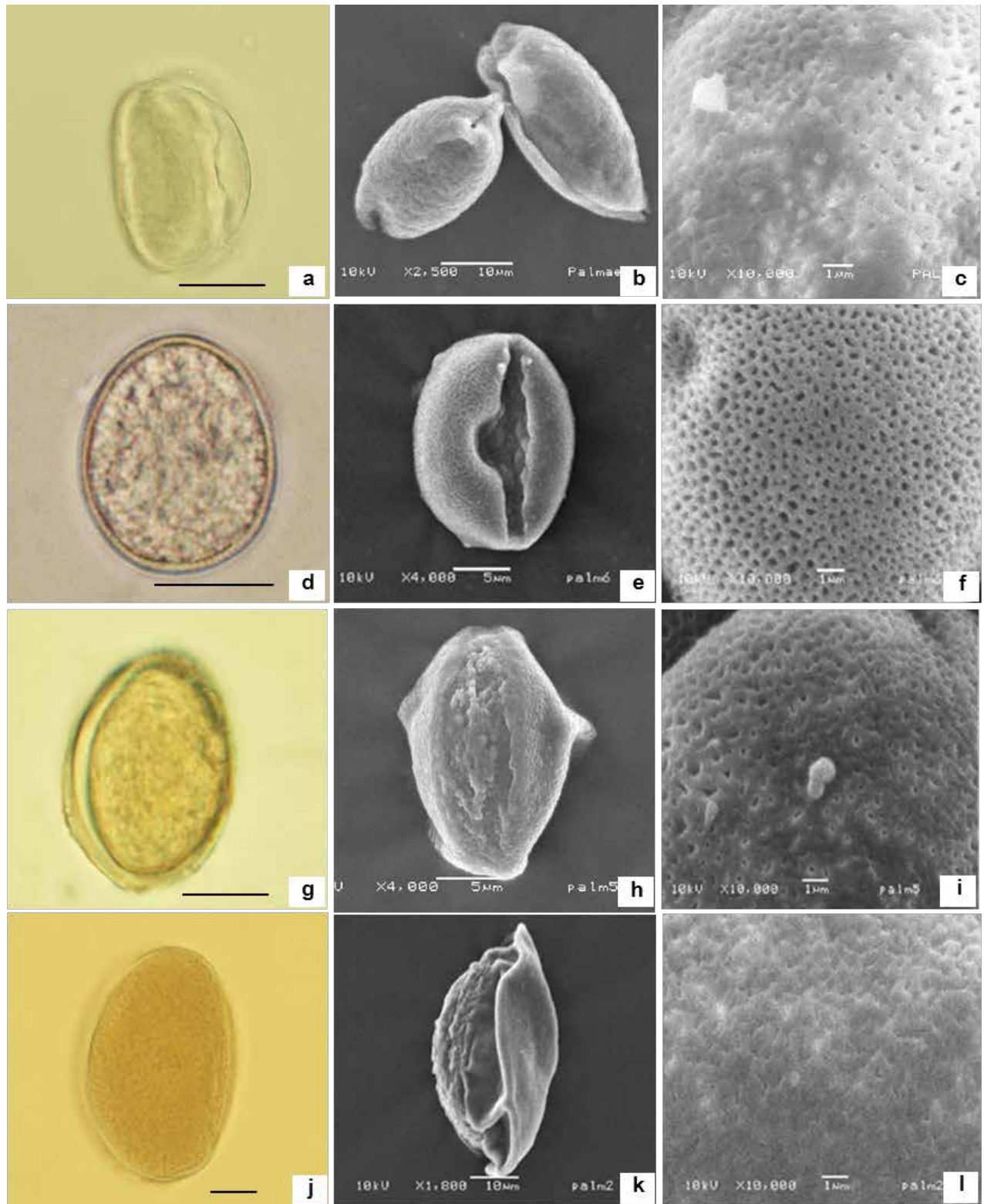


Figure 3 Light micrographs of pollen grains in species of Arecaceae: *Phoenix dactylifera* (a), *P. roebelenii* (d), *Washingtonia robusta* (g), *Wodyetia bifurcata* (j) (scale bars: a, d, g, j = 10 µm). Scanning electron micrograph (SEM) of pollen grain in species of Arecaceae: *Phoenix dactylifera* (b-c), *P. roebelenii* (e-f), *Washingtonia robusta* (h-i), *Wodyetia bifurcata* (k-l) (polar view b, e, h and k; exine pattern c, f, i and l).