



การแพร่กระจายและศักยภาพของพยานหลักฐานทางนิติเรณูวิทยาในชุมชนเมืองและ
การสอบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบจากสถานที่เกิดเหตุ
The Distribution and Potentiality of Forensic Palynomorph Evidence in the
City and the Validation of the Method for Collecting the Comparator
Samples

ณัฐนรี เอียดประพาล
Natnaree Iadprapan

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Science in Forensic Science
Prince of Songkla University

2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



การแพร่กระจายและศักยภาพของพยานหลักฐานทางนิติเรณูวิทยาในชุมชนเมืองและ
การสอบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบจากสถานที่เกิดเหตุ

The Distribution and Potentiality of Forensic Palynomorph Evidence in the
City and the Validation of the Method for Collecting the Comparator
Samples

ณัฐนรี เอียดประพาล

Natnaree ladprapan

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Science in Forensic Science
Prince of Songkla University

2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การแพร่กระจายและศักยภาพของพยานหลักฐานทางนิติเวชวิทยาในชุมชน
เมืองและการสอบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบจากสถานที่เกิดเหตุ

ผู้เขียน นางสาวณัฐนรี เอียดประพาล

สาขาวิชา นิติวิทยาศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....
(ดร. วงศ์กฤษ ภูภูมิรัตน์)

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ พลตำรวจตรี สันติ์ สุขวิัจจน์)

.....กรรมการ
(ดร. วงศ์กฤษ ภูภูมิรัตน์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จรัส ลีรติวงศ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

.....
(ศาสตราจารย์ ดร. ดำรงค์ศักดิ์ ฟ้างู่งสง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....

(ดร. วงศ์กฤษ ภูภูมิรัตน์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....

(นางสาวณัฐนรี เอียดประพาล)

นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูก
ใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาวณัฐนรี เอียดประพาล)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์	การแพร่กระจายและศักยภาพของพยานหลักฐานทางนิติเรณูวิทยาในชุมชนเมืองและการสอบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบจากสถานที่เกิดเหตุ
ผู้เขียน	นางสาวณัฐนรี เอียดประพาล
สาขาวิชา	นิติวิทยาศาสตร์
ปีการศึกษา	2560

บทคัดย่อ

ทำการสอบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบทางเรณูวิทยา (เทปกาวใส ลูกกลิ้งทำความสะอาด เทปกาวพันสายไฟ ผ้าเช็ดเก็บฝุ่น ไม้พ่นสาลีจุ่มน้ำ ไม้พ่นสาลีจุ่มน้ำยาตันฝุ่น เครื่องดูดฝุ่นและสิ่งประดิษฐ์) จากพื้นผิว 4 ชนิด คือ พื้นผิวเรียบ พื้นผิวอิฐทางเดิน พื้นผิวคอนกรีตและพื้นผิวยางมะตอย ผลการศึกษาพบว่าการใช้ไม้พ่นสาลีจุ่มน้ำเหมาะสำหรับเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบบนพื้นผิวเรียบ พื้นผิวอิฐทางเดินและพื้นผิวยางมะตอยในขณะที่การใช้เครื่องดูดฝุ่นเหมาะสำหรับเก็บตัวอย่างบนพื้นผิวคอนกรีต จากการศึกษาการแพร่กระจายของสปอร์และเรณูในเขตชุมชนเมือง โดยทำการเก็บจากบริเวณต่างๆจำนวน 20 บริเวณ พบว่าค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่ได้จากแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ทำการศึกษาศักยภาพในการเป็นพยานหลักฐานของสปอร์และเรณูดังกล่าวโดยใช้ผ้าจำนวน 3 ชนิดคือ ผ้าฝ้าย ผ้าสแปนเด็กซ์และผ้าเดนิม เก็บสปอร์และเรณูจาก 4 บริเวณซึ่งเป็นตัวแทนของ 4 พื้นผิวข้างต้น ผลการศึกษาพบว่าค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูจากตัวอย่างทั้งสองมีความสอดคล้องกัน และเมื่อนำผ้าที่มีสปอร์และเรณูฝังตัวอย่างไปผ่านการซักล้างด้วยวิธีการต่างๆ พบว่าค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่หลงเหลืออยู่บนผ้าภายหลังการซักล้างมีค่าไม่แตกต่างกับค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูในตัวอย่างเปรียบเทียบ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการเป็นพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ของสปอร์และเรณูที่พบในชุมชนเมือง

Thesis Title	The distribution and potentiality of forensic palynomorph evidence in the city and the validation of the method for collecting the comparator samples
Author	Miss Natnaree Iadprapan
Major Program	Forensic Science
Academic Year	2017

ABSTRACT

The validation of methods for collecting comparator samples (an adhesive tape, a lint roller, a duct tape, a duster sheet, a cotton swab with water, a cotton swab with dust remover liquid, a vacuum, and a vacuum with accessory equipment) from four types of surfaces, including smooth, brick-pathway, concrete, and asphalt concrete surfaces, were studied. The results showed that the cotton swab with water was the appropriate tool for collecting comparator samples on smooth, brick-pathway, and asphalt concrete surfaces, while the vacuum was the appropriate equipment for collecting palynomorph samples on the asphalt concrete surface. The distribution of spore and pollen in the city was also investigated. The results indicated that each study site provided a unique spore and pollen assemblage. In addition, three types of clothing fabrics were used to collect spore and pollen samples from four mock crime scenes in order to examine a potentiality of palynological evidence. The concordance of the relative abundances of palynomorphs among samples was observed. The results also showed that palynomorphs could still be recovered from clothing fabrics even after washing. This suggested that spore and pollen found in the city appear to be the potential forensic evidence.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.วงศ์ภู ภูภูมิรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา และคอยให้ความช่วยเหลือในการศึกษาและการทำวิจัย ทำให้การทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ สำเร็จลุล่วง และขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ พลตำรวจตรี สันต์ สุขวัฒน์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จรัล ลีรติวงศ์ ที่เสียสละเวลาเป็นประธานและกรรมการในการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ รวมทั้ง เสนอแนะแนวทางเพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการทำ วิจัย ขอขอบคุณผู้ช่วยสอนจากคณะวิทยาศาสตร์และทุนนำเสนองานวิชาการ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถานีรถไฟ หาดใหญ่ สถานีขนส่งผู้โดยสารหาดใหญ่ ศูนย์อาหารโรงช้างภายใน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ ร้านหนังสือ ชื่อร้านหนังสือเล็กๆ ในตัว เมืองสงขลา ร้านอาหาร Sin Tonic สนามกีฬาจิระนคร แยกเสียงตั้ง ห้างสรรพสินค้า เซนทรัลเฟส ติวัด สาขาหาดใหญ่ ห้างสรรพสินค้าโลตัส สาขาหาดใหญ่ ชายหาดชลาลัย สวนสองทะเล ศูนย์ เครื่องมือวิทยาศาสตร์ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หน้าหอณาฬิกาเทศบาลนครหาดใหญ่ โรงพยาบาลหาดใหญ่ โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย พระอนุสาวรีย์กรมหลวงชุมพร โรงเรียนธิดานุเคราะห์ สวนประวัติศาสตร์ พลเอกเปรมติณสูลานนท์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการเก็บตัวอย่าง และขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนขอขอบคุณนักศึกษาทุกคนที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือตลอด ระยะเวลาที่ทำการศึกษา และสุดท้ายขอขอบคุณครอบครัวที่เชื่อมั่น ให้กำลังใจและสนับสนุนตลอด ระยะเวลาที่ทำการศึกษา

ณัฐนรี เอียดประพาล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(5)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(6)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(10)
รายการภาพประกอบ	(11)
บทที่ 1 บทนำ	1
1. บทนำต้นเรื่อง	1
2. การตรวจเอกสาร	3
3. วัตถุประสงค์	14
บทที่ 2 วิธีการวิจัย	15
1. การหาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการละลายกาวบนเทปกาว	15
2. การสอบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบ	17
3. การศึกษาการแพร่กระจายและศักยภาพของสปอร์และเรณูที่พบในชุมชนเมือง	18
4. การจำลองสถานการณ์	19
บทที่ 3 ผลการศึกษา	23
1. การหาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการละลายกาวบนเทปกาว	23
2. การสอบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบที่เหมาะสมบนแต่ละพื้นผิว	25
3. การแพร่กระจายและศักยภาพของสปอร์และเรณูที่พบในชุมชนเมือง	28
4. การศึกษาค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูบนเนื้อผ้าชนิดต่างๆ	45
5. การศึกษาค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่ติดอยู่บนเสื้อผ้าภายหลังการซักล้าง	49
บทที่ 4 บทวิจารณ์	53
1. การหาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการละลายกาวบนเทปกาว	53
2. การสอบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบที่เหมาะสมบนแต่ละพื้นผิว	54

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3. การแพร่กระจายและศักยภาพของสปอร์และเรณูที่พบในชุมชนเมือง	57
4. การศึกษาค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูบนเนื้อผ้าชนิดต่างๆ	62
5. การศึกษาค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่ติดอยู่บนเสื้อผ้าภายหลังการซักล้าง	64
บทที่ 5 บทสรุป	66
เอกสารอ้างอิง	67
ภาคผนวก	75
ผลงานวิจัยที่นำเสนอแบบบรรยายในที่ประชุมวิชาการระดับชาติ	76

รายการตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 การแพร่กระจายของสปอร์และเรณู	7
ตารางที่ 2 สันฐานวิทยาของสปอร์และเรณูทั้ง 13 ชนิด	22
ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยเรณู (\pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และค่าไค-สแควร์ของสปอร์และเรณูที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูจากตัวอย่างเปรียบเทียบกับค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่ได้จากเทปกาวทั้งสามชนิดภายหลังการใช้ตัวทำลายที่แตกต่างกัน (3 ซ้ำ) $df = 12$ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05	24
ตารางที่ 4 แสดงจำนวนและค่าไค-สแควร์ของสปอร์และเรณูที่ได้จากพื้นผิวเรียบ อิฐทางเดิน คอนกรีตและยางมะตอยภายหลังการเก็บตัวอย่างโดยใช้วิธีที่แตกต่างกัน	27
ตารางที่ 5 แสดงค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูบนผ้าทั้งสามชนิดเปรียบเทียบกับตัวอย่างจากบริเวณสถานีรถไฟหาดใหญ่	47
ตารางที่ 6 แสดงค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูบนผ้าทั้งสามชนิดเปรียบเทียบกับตัวอย่างจากบริเวณชายหาดชลาทัศน์	48
ตารางที่ 7 แสดงค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูบนผ้าทั้งสามชนิดเปรียบเทียบกับตัวอย่างจากบริเวณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	48
ตารางที่ 8 แสดงค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูบนผ้าทั้งสามชนิดเปรียบเทียบกับตัวอย่างจากบริเวณพระอนุสาวรีย์กรมหลวงชุมพร	49

รายการภาพประกอบ

	หน้า
ภาพที่ 1 โครงสร้างและการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ในพืช	4
ภาพที่ 2 โครงสร้างผนังเรณู	5
ภาพที่ 3 ความแตกต่างทางสัณฐานวิทยาของเรณูในพืชแต่ละชนิด: (A) <i>Lilium</i> ; (B) <i>Spathiphyllum</i> ; (C) <i>Caryophyllaceae</i> ; (D) <i>Lavandula stoechas</i>	6
ภาพที่ 4 องค์ประกอบของกาวที่ไวต่อแรงกด	11
ภาพที่ 5 วิธีการทดสอบคุณสมบัติของกาวจากตัวทำละลายต่างๆ	16
ภาพที่ 6 ลักษณะของสิ่งประดิษฐ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น	17
ภาพที่ 7 วิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบที่เหมาะสมบนแต่ละพื้นผิว	18
ภาพที่ 8 ลักษณะสัณฐานวิทยาของสปอร์และเรณู	21
ภาพที่ 9 ค่าความซุกซุ่มสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่พบในพื้นที่ชุมชนเมือง 20 บริเวณ	33
ภาพที่ 10 แสดงสัณฐานวิทยาของสปอร์และเรณูที่พบในตัวอย่าง A-L ; (A) <i>Acacia</i> sp.; (B) <i>Acanthaceae</i> ; (C) <i>Albizia</i> sp.; (D) <i>Alnus</i> sp.; (E) <i>Anacardiaceae</i> ; (F) <i>Arecaceae</i> ; (G) <i>Asplenium</i> sp.; (H) <i>Asteraceae</i> ; (I) <i>Barringtonia</i> sp.; (J) <i>Bauhinia</i> sp.; (K) <i>Begonia</i> sp.; (L) <i>Bougainvillea</i> sp.	34
ภาพที่ 11 แสดงสัณฐานวิทยาของเรณูที่พบในตัวอย่าง A-L; (A) <i>Caesalpinia</i> sp.; (B) <i>Cassia</i> sp.; (C) <i>Casuarina</i> sp.; (D) <i>Celosia</i> sp.; (E) <i>Ceriop</i> sp.; (F) <i>Crinum</i> sp.; (G) <i>Cyperaceae</i> indet 1; (H) <i>Cyperaceae</i> indet 2; (I) <i>Davallia</i> sp.; (J) <i>Dipterocarpaceae</i> ; (K) <i>Elaeis</i> sp.; (L) <i>Elaeocarpaceae</i>	35
ภาพที่ 12 แสดงสัณฐานวิทยาของสปอร์และเรณูของพืชที่พบในตัวอย่าง A-L ; (A) <i>Euphorbiaceae</i> ; (B) <i>Excoecaria</i> sp.; (C) <i>Fabaceae</i> indet 1; (D) <i>Fabaceae</i> indet 2; (E) <i>Fagaceae</i> ; (F) <i>Gardenia</i> sp.; (G) <i>Gomphrena</i> sp.; (H) <i>Hevea</i> sp.; (I) <i>Hibicus</i> sp.; (J) <i>Ipomoea</i> sp.; (K) <i>Ixora</i> sp.; (L) <i>Jacaranda</i> sp.	36
ภาพที่ 13 แสดงสัณฐานวิทยาของสปอร์และเรณูของพืชที่พบในตัวอย่าง A-L; (A) <i>Lagerstroemia</i> sp.; (B) <i>Leucaena</i> sp.; (C) <i>Loranthaceae</i> ; (D) <i>Lycopodium</i> sp.; (E) <i>Melaleuca</i> sp.; (F) <i>Merremia</i> sp.; (G) <i>Mimosa</i> sp.; (H) <i>Mimusops</i> sp.; (I) <i>Monolete spore</i> indet 1; (J) <i>Monolete spore</i> indet 2; (K) <i>Moraceae</i> ; (L) <i>Myrtaceae</i>	37

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

	หน้า
<p>ภาพที่ 14 แสดงสัณฐานวิทยาของสปอร์และเรณูของพืชที่พบในตัวอย่าง A-L; (A) <i>Ochna</i> sp.; (B) <i>Ocimum</i> sp.; (C) Pinaceae; (D) Poaceae; (E) <i>Ptychosperma</i> sp.; (F) <i>Quercus</i> sp.; (G) <i>Rhizophora</i> sp.; (H) Rubiaceae; (I) <i>Solanum</i> sp.; (J) <i>Sonneratia alba</i> ; (K) <i>Stenochlaena</i> sp.; (L) <i>Terminalia</i> sp.</p>	38
<p>ภาพที่ 15 แสดงสัณฐานวิทยาของสปอร์และเรณูของพืชที่พบในตัวอย่าง A-L; (A) Trilete spore indet 1; (B) Trilete spore indet 2; (C) Trilete spore indet 3; (D) <i>Typha</i> sp.; (E) <i>Xylocarpus</i> sp.; (F) Pollen indet 1; (G) Pollen indet 2; (H) Pollen indet 3; (I) Pollen indet 4; (J) Pollen indet 5; (K) Pollen indet 6; (L) Pollen indet 7</p>	39
<p>ภาพที่ 16 แสดงสัณฐานวิทยาของเรณูที่พบในตัวอย่าง A-L; (A) Pollen indet 8; (B) Pollen indet 9; (C) Pollen indet 10; (D) Pollen indet 11; (E) Pollen indet 12; (F) Pollen indet 13; (G) Pollen indet 14; (H) Pollen indet 15; (I) Pollen indet 16; (J) Pollen indet 17; (K) Pollen indet 18; (L) Pollen indet 19</p>	40
<p>ภาพที่ 17 แสดงสัณฐานวิทยาของเรณูที่พบในตัวอย่าง A-L; (A) Pollen indet 20; (B) Pollen indet 21; (C) Pollen indet 22; (D) Pollen indet 23; (E) Pollen indet 24; (F) Pollen indet 25; (G) Pollen indet 26; (H) Pollen indet 27; (I) Pollen indet 28; (J) Pollen indet 29; (K) Pollen indet 30; (L) Pollen indet 31</p>	41
<p>ภาพที่ 18 แสดงสัณฐานวิทยาของเรณูที่พบในตัวอย่าง A-L; (A) Pollen indet 32; (B) Pollen indet 33; (C) Pollen indet 34; (D) Pollen indet 35; (E) Pollen indet 36; (F) Pollen indet 37; (G) Pollen indet 38; (H) Pollen indet 39; (I) Pollen indet 40; (J) Pollen indet 41; (K) Pollen indet 42; (L) Pollen indet 43</p>	42
<p>ภาพที่ 19 แสดงสัณฐานวิทยาของเรณูที่พบในตัวอย่าง A-L; (A) Pollen indet 44; (B) Pollen indet 45; (C) Pollen indet 46; (D) Pollen indet 47; (E) Pollen indet 48; (F) Pollen indet 49; (G) Pollen indet 50; (H) Pollen indet 51; (I) Pollen indet 52; (J) Pollen indet 53; (K) Pollen indet 54; (L) Pollen indet 55</p>	43

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 20 แสดงสัณฐานวิทยาของเรณูที่พบในตัวอย่าง A-G; (A) Pollen indet 56; (B) Pollen indet 57; (C) Pollen indet 58; (D) Pollen indet 59; (E) Pollen indet 60; (F) Pollen indet 61; (G) Pollen indet 62	44
ภาพที่ 21 สปอร์และเรณูติดบนเส้นใยหรือแทรกอยู่ระหว่างเส้นใยผ้าชนิดต่างๆ A-B; (A) ผ้าฝ้าย; (B) ผ้าพอลิเอสเตอร์; (C) ผ้าเดนิม	50
ภาพที่ 22 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยจำนวนรวมสปอร์และเรณูในผ้าชนิดต่างๆ	50
ภาพที่ 23 กราฟแสดงค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูในผ้าชนิดต่างๆ A-C; (A) ผ้าฝ้าย; (B) ผ้าพอลิเอสเตอร์; (C) ผ้าเดนิม	51

บทที่ 1

บทนำ

1. บทนำต้นเรื่อง

นิติเรณูวิทยา (Forensic palynology) เป็นวิทยาศาสตร์ที่ประยุกต์ใช้สปอร์ (spore) และเรณู (pollen) ของพืชเป็นพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อพิสูจน์ข้อเท็จจริงที่เป็นประเด็นพิพาทในคดีความทางกฎหมาย พยานหลักฐานทางเรณูวิทยาสามารถใช้เชื่อมโยงบุคคลหรือวัตถุที่เกี่ยวข้องเข้ากับสถานที่เกิดเหตุได้ เนื่องจากพืชสร้างสปอร์และเรณูเป็นจำนวนมาก มีขนาดเล็ก มีสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกันในแต่ละสกุลหรือชนิด ทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี และมีค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ (relative abundance) แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ (Bryant et al., 1990; Mildenhall et al., 2006) โดยการวิเคราะห์ที่ใช้หลักการเปรียบเทียบค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่ได้จากบุคคล วัตถุ หรือสถานที่ที่ต้องสงสัย (evidential sample) และตัวอย่างเปรียบเทียบ (comparator sample) ที่เก็บจากสิ่งที่เกี่ยวข้องกับคดีนั้นๆ (Mildenhall et al., 2006)

เมืองเป็นเขตพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรสูง เป็นศูนย์กลางของกิจกรรมทุกๆด้านในประเทศไทยนั้นการขาดการวางผังเมืองอย่างเป็นระบบส่งผลให้มีปัญหาต่างๆเกิดขึ้นในสังคมเมืองมากมาย ปัญหาหนึ่งซึ่งเป็นปัญหาสำคัญ คือ ปัญหาอาชญากรรม ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อชีวิตและทรัพย์สินของคนเมือง (มณฑล และ มานัส, 2553)

จากการศึกษาก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่าพยานหลักฐานทางเรณูวิทยาสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการสืบสวนสอบสวนเหตุอาชญากรรมที่เกิดขึ้นในเขตชุมชนเมืองได้ (Horrock and Walsh, 1998; Mildenhall et al., 2006) เช่น คดีฆ่มขืนที่เกิดขึ้นในเครือรัฐออสเตรเลียที่พบว่าค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่พบในที่เกิดเหตุบริเวณทางเดินระหว่างอาคารนั้นมีความแตกต่างกับคดียกกล่าวที่พบจากบริเวณริมถนนซึ่งเป็นสถานที่จากคำแก้ต่างของคนร้าย แม้ว่าทั้งสองสถานที่นี้จะห่างกันแค่เพียง 7 เมตร ก็ตาม (Horrock and Walsh, 1999) รวมทั้งการตรวจพบเรณูบนเสื้อแจ๊คเก็ตของนายโอ.เจ. ซิมป์สัน ผู้ต้องสงสัยในคดีฆาตกรรมภรรยาตนเองในสหพันธรัฐอเมริกา อย่างไรก็ตามชนิดของผ้าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณสปอร์และเรณูได้ โดยชนิดผ้ารวมทั้งปริมาณสปอร์และเรณูในอากาศมีผลทำให้จำนวนสปอร์และเรณูที่ติดบนผ้าแต่ละชนิดแตกต่างกัน (Jandtunen and Saarinen, 2011) รวมถึงการซักล้างก็สามารถทำให้สปอร์และเรณูที่ติดอยู่บนเสื้อผ้าหลุดออกจากเส้นใยได้เช่นเดียวกัน (Mildenhall et al., 2006) โดยจากการศึกษาของ Zavada et al. (2007) พบว่าการซักล้างผ้าโดยใช้น้ำและสารซักฟอกจะทำให้เรณูที่เกาะติดอยู่บนผ้าหลุดออกไปเป็นจำนวน 99.90 เปอร์เซ็นต์ภายหลังการซักล้างครั้งแรก

งานวิจัยต่างๆแสดงให้เห็นว่าสปอร์และเรณูของพืชที่พบได้ในชุมชนเมืองนั้นมีที่มาจากหลายแหล่งด้วยกัน เช่น มาจากไม้ดอกไม้ประดับที่ผู้คนนิยมปลูกประดับตกแต่งอาคารบ้านเรือนเพื่อให้เกิด

ความสวยงามหรืออาจมาจากมนุษย์โดยการติดมากับรองเท้าหรือเสื้อผ้าได้ด้วยเช่นเดียวกัน (Nguyen and Weber, 2015) O'Rourke and Lebowitz (1984) พบว่ามีเรณูเพียงจำนวนเล็กน้อยเท่านั้นที่สามารถแพร่กระจายเข้าไปในที่ปกอาศัยได้โดยใช้ลมเป็นพาหะ แต่เรณูส่วนใหญ่ที่พบในที่ปกอาศัยนั้นมีที่มาจากเท้าและร่างกายของมนุษย์หรือสัตว์เลี้ยง เนื่องจากเรณูสามารถเกาะติดและฝังตัวบนวัสดุต่างๆได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเส้นใยของเสื้อผ้าที่มีคุณสมบัติสามารถกักเก็บสปอร์และเรณูได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะเห็นได้จากงานวิจัยของ Mildenhall (2005) ที่มีการตรวจพบเรณูของต้น *Hypericum* บนเสื้อเชิ้ตและเสื้อแจ็กเก็ตของนักย่องเบาในราชอาณาจักรนิวซีแลนด์ นอกจากนี้การแพร่กระจายของเรณูแต่ละชนิดเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการกระจายของสปอร์และเรณูในชุมชนเมืองเช่นเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่นเรณูที่แพร่กระจายโดยอาศัยลมนั้นอาจสามารถเข้าถึงภายในอาคารที่มีลักษณะเปิดได้ Tauber (1967) พบว่าเรณูของพืชในกลุ่มนี้ร้อยละ 95 สามารถแพร่กระจายได้ไกล 25 เมตร ถึง 2 กิโลเมตร และอีกร้อยละ 5 สามารถแพร่กระจายได้ไกลถึง 20 - 100 กิโลเมตร นอกจากนี้ Ishibashi et al. (2008) แสดงให้เห็นว่าจำนวนเรณูที่พบจากเท้าจำนวนมากกว่าเรณูที่พบจากไหล่ หลังและขา จึงสรุปได้ว่าเรณูที่ลอยอยู่ในอากาศของบริเวณเมืองนั้นจะตกลงบนพื้นผิวของถนนเป็นอันดับแรกก่อน จากนั้นจึงแพร่กระจายสู่อากาศอีกครั้งหนึ่ง Milne et al. (2004) พบว่าสปอร์และเรณูสามารถกระจายตัวได้ในทุกพื้นที่รวมถึงพื้นที่ที่ถูกรบกวน เช่น ริมถนน เป็นต้น อย่างไรก็ตามที่ผ่านมายังไม่มีการศึกษาการแพร่กระจายรวมทั้งศักยภาพของเรณูภายในเขตชุมชนเมืองเพื่อสนับสนุนงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์

ในการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์นั้น การเก็บพยานหลักฐานหรือตัวอย่างเปรียบเทียบโดยใช้วิธีที่แตกต่างกันสามารถส่งผลต่อผลการตรวจพิสูจน์ได้ Lee and Ladd (2001) แสดงให้เห็นว่าวิธีการเก็บพยานหลักฐานนั้นขึ้นอยู่กับสภาพพื้นผิวที่พบพยานหลักฐานชนิดนั้นๆ เช่น การเก็บสารพันธุกรรมจากกระพุ้งแก้มและน้ำลายบนผิวหนังโดยใช้วิธีการและวัสดุในการเก็บที่แตกต่างกันมีผลให้สารพันธุกรรมที่สกัดได้มีปริมาณที่แตกต่างกันด้วย (Milne et al., 2006; Hansson et al., 2009; Kenna et al., 2011) ในการตรวจพิสูจน์ทางนิติเรณูวิทยาก็เช่นเดียวกัน กล่าวคือ การเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบนั้นไม่มีวิธีการใดที่ดีที่สุดเนื่องจากประเด็นคำถามเพื่อการตรวจพิสูจน์และพฤติการณ์แห่งคดีในแต่ละคดีมีความแตกต่างกัน (Mildenhall, 2008) เช่น หากเหตุเกิดขึ้นในบริเวณที่มีดิน นักนิติเรณูวิทยาจะใช้ช้อนตักสารเพื่อเก็บผิวหน้าดินเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ (Milne et al., 2004) ในขณะที่หากมีเหตุเกิดขึ้นภายในที่ปกอาศัยที่พื้นปูด้วยพรม นักนิติเรณูวิทยาจะใช้เครื่องดูดฝุ่นเพื่อเก็บสปอร์และเรณูที่อยู่ในพรม เป็นต้น นอกจากนี้ในกรณีการหาข้อเท็จจริงเรื่องผ้าห่อศพแห่งตูลิน (shroud of Turin) ซึ่งเชื่อกันว่าเป็นผ้าที่ใช้ห่อพระศพของพระเยซูทางคณะผู้ศึกษาได้ใช้เทปกาวแปะลงบนผิวผ้าเพื่อเก็บตัวอย่างเรณูบนผ้าห่อศพดังกล่าวอีกด้วย (Frei, 1982)

ในปัจจุบันการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบทางเรณูวิทยาส่วนใหญ่จะเป็นการเก็บตัวอย่างดินจากสถานที่เกิดเหตุ (McDavid and McDavid, 2008) แต่ในความเป็นจริงแล้วอาชญากรรมสามารถเกิดขึ้นได้ทุกสถานที่ ไม่จำเพาะแต่เพียงสถานที่ที่มีพื้นดินเท่านั้น เช่น เขตเมืองซึ่งเป็นพื้นที่ที่เต็มไปด้วย

ด้วยผู้คน อาคารบ้านเรือน รวมไปถึงสิ่งก่อสร้างต่างๆ อาทิ เหตุการณ์ความไม่สงบใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ที่เกิดขึ้นตามท้องถนน คดีระเบิด 7 จังหวัดภาคใต้ของประเทศไทย รวมถึงคดีระเบิดในสนามบินบรัสเซลส์ ราชอาณาจักรเบลเยียม เป็นต้น จากการศึกษาเบื้องต้นของผู้วิจัยพบว่าสามารถตรวจพบสปอร์และเรณูได้ในสถานที่ต่างๆ ในเขตชุมชนเมืองได้ เช่น สถานีรถไฟ ตลาด ทางเดินระหว่างอาคาร และ ทางเดินริมถนน เป็นต้น ถึงแม้จะมีการรายงานวิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบไว้ในหลายการศึกษา (Bryant et al., 1990; Bruce and Dettmann, 1996; Eyring, 1996; Horrocks, et al., 1998; Horrocks, 2004; Milne et al., 2004) อย่างไรก็ตามไม่มีการศึกษาใดบ่งชี้ว่าควรเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบในเขตชุมชนเมืองที่มีสภาพดังกล่าวด้วยวิธีการอย่างไร

จากพฤติการณ์แห่งคดีที่มักเกิดขึ้นในสถานที่ต่างๆ ในเขตชุมชนเมือง การศึกษาการแพร่กระจายและศักยภาพในการเป็นพยานหลักฐานของสปอร์และเรณู รวมถึงการศึกษาวิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบจากสถานที่ในสิ่งแวดล้อมต่างๆ ภายในเขตชุมชนเมืองนั้นจะช่วยให้นักนิติวิทยาศาสตร์สามารถใช้พยานหลักฐานทางเรณูวิทยาในการสืบสวนสอบสวนคดีต่างๆ ที่เกิดขึ้นในเขตดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และมีประสิทธิภาพ เพื่ออำนวยความสะดวกยุติธรรมให้กับสังคมต่อไป

2. การเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 นิติวิทยาศาสตร์ (Forensic Science)

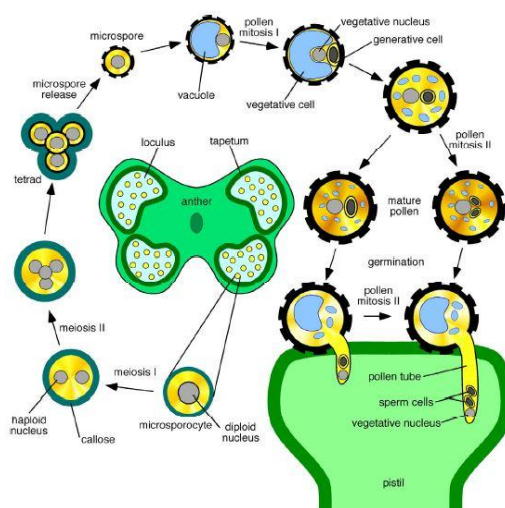
คือ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์ทางกฎหมาย ทั้งการแก้ปัญหาและการพิสูจน์ข้อเท็จจริงในคดีความเพื่อผลในการบังคับใช้กฎหมายและการลงโทษ นิติวิทยาศาสตร์มี 2 ประเภท คือ นิติวิทยาศาสตร์ที่เป็นวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์และนิติวิทยาศาสตร์ที่เป็นวิทยาศาสตร์ประยุกต์ โดยทุกสาขาทางวิทยาศาสตร์สามารถนำมาใช้ในงานสืบสวนได้ เช่น การตรวจสถานที่เกิดเหตุ การถ่ายรูป การตรวจลายนิ้วมือฝ่ามือฝ่าเท้า การตรวจเอกสาร การตรวจทางฟิสิกส์ เช่น ตรวจร่องรอยการเฉี่ยวชนรถ การตรวจทางนิติเวช เช่น งานนิติพยาธิ การตรวจทางชีววิทยา เช่น ตรวจเส้นผม เลือด อสุจิ การตรวจสารพันธุกรรม และการตรวจทางนิติเรณูวิทยา เป็นต้น พยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์นั้นมีน้ำหนักและเป็นที่ยอมรับ จึงถือได้ว่านิติวิทยาศาสตร์เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผสมเข้ากับกฎหมาย เพื่อประโยชน์ในการพิสูจน์หลักฐาน และดำเนินคดีตามกฎหมาย ซึ่งนำไปสู่การนำตัวผู้กระทำความผิดทางอาญามาลงโทษ (สรารุช, 2550)

2.2 สปอร์ (spore) และเรณู (pollen)

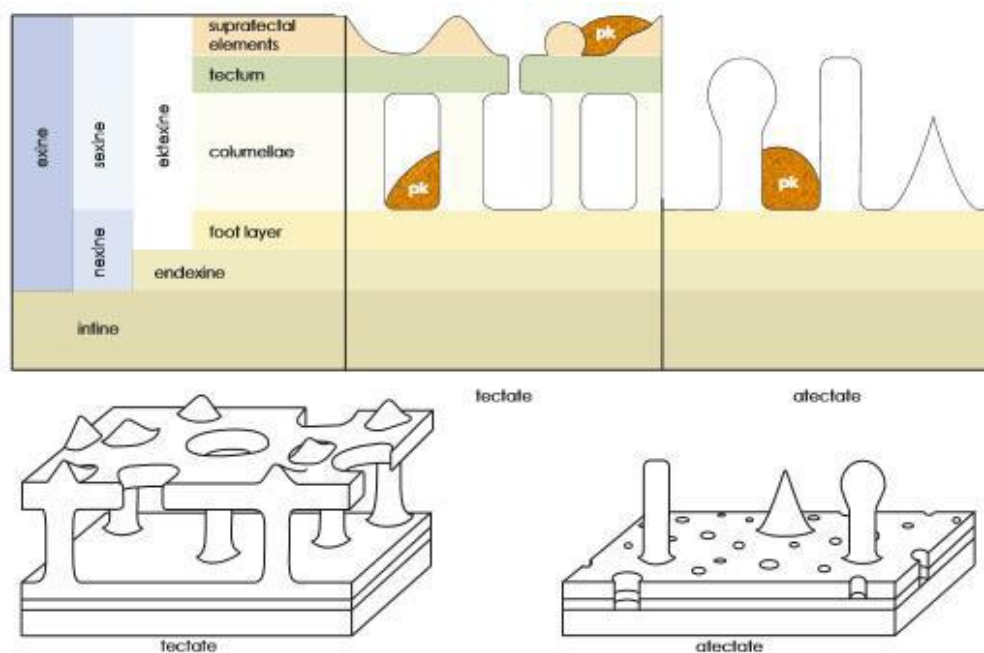
สปอร์ เป็นโครงสร้างสำหรับการขยายพันธุ์ของกลุ่มพืชที่ไม่มีเมล็ด (Seedless plants) พบได้ในพืชหลายชนิดยกตัวอย่างเช่น เฟิร์น โดยทั่วไปอับสปอร์ (sporangium) ของเฟิร์นจะมีการรวมกันเป็นกลุ่มเรียกว่า ซอไร (sori) บริเวณด้านท้องใบ บริเวณขอบใบ หรือเส้นขอบใบ ปลายเส้นใบ หรือกระจายทั่วบนแผ่นใบ อับสปอร์ประกอบด้วยก้าน (stalk) และตัวอับสปอร์ (sporangium) ซึ่งภายในมีสปอร์ (n) จำนวนมาก เมื่อสปอร์เติบโตเต็มที่อับสปอร์จะแตกออกทำให้สปอร์ที่อยู่ภายในหลุดออก (Goldberg, 1988; Graham et al., 2000)

เรณูเป็นโครงสร้างที่ทำหน้าที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ของพืช หรือ แกมมีโทไฟต์เพศผู้ (male gametophyte) เรณูมีรากศัพท์มาจากภาษาละตินหมายถึงแป้งที่ละเอียด ขนาดเรณูของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกันมากมีขนาดตั้งแต่ 4-250 ไมโครเมตร เรณูมีความหลากหลายทั้งรูปร่าง ขนาด ลักษณะของช่องเปิดรวมถึงลักษณะของผนังเรณูก็มีความแตกต่างกัน (Hyde and Adams, 1958; Moore et al., 1991) เรณูเกิดขึ้นภายในเกสรตัวผู้ของพืชซึ่งในอับเรณู (anther) จะพบถุงอับเรณู (pollen sac) (ภาพที่ 1) ภายในบรรจุไมโครสปอโรไซต์ (microsporocyte) จำนวนมากแต่ละเซลล์มีโครโมโซมเป็นดิพลอยด์ ($2n$) เมื่อพืชเจริญเต็มที่ไมโครสปอโรไซต์จะมีการแบ่งตัวแบบไมโอซิส ทำให้ได้เซลล์ 4 เซลล์แต่ละเซลล์เรียกว่าไมโครสปอร์ (microspore) มีจำนวนโครโมโซมเป็นแฮพลอยด์ (n) จากนั้นแต่ละไมโครสปอร์จะแบ่งตัวแบบไมโทซิสโดยไม่มีการแบ่งไซโทพลาซึม ผลจากการแบ่งเซลล์ครั้งนี้ทำให้แต่ละเซลล์มี 2 นิวเคลียสคือ เจเนอเรทีฟนิวเคลียส (generative nucleus) อีกเซลล์หนึ่งคือทิวบ์นิวเคลียส (tube nucleus) หรือที่รู้จักกันโดยทั่วไปว่าเรณู (Honys et al., 2006)

โครงสร้างภายในของเรณูประกอบด้วยผนัง 2 ชั้น คือชั้นเอ็กซีน (exine) และชั้นอินทีน (intine) โดยผนังชั้นในสุดของเรณู คือ ชั้นอินทีน ประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) และเพกทิน (pectin) และผนังนอกสุด คือ ชั้นเอ็กซีน ประกอบด้วยสาร sporopollenin ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่มีความต้านต่อการกรดและอุณหภูมิที่สูงทำให้เรณูมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมและคงสภาพอยู่ได้แม้จะผ่านไปเป็นระยะเวลาช้านาน (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างและการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ในพืชดอก (Honys et al., 2006)



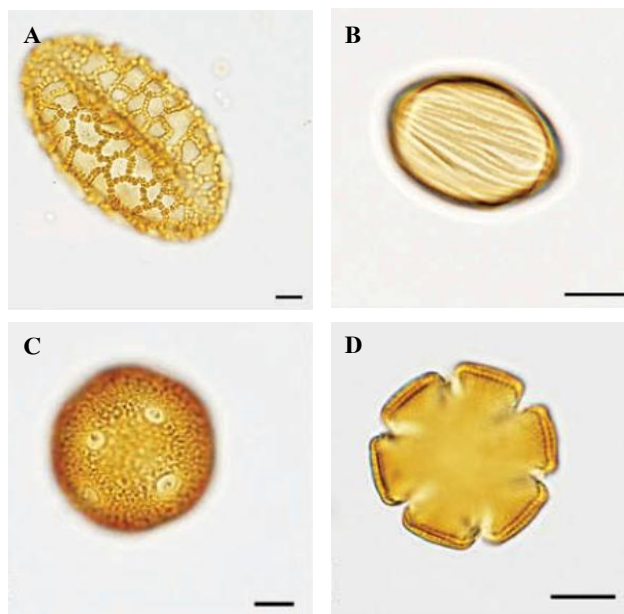
ภาพที่ 2 โครงสร้างผนังเรณู (Hesse et al., 2009)

2.3 นิติเรณูวิทยา (Forensic palynology)

เป็นวิทยาศาสตร์ศึกษาเกี่ยวกับพยานหลักฐานที่มีขนาดเล็กที่ได้มาจากสปอร์และเรณูที่มีวัตถุประสงค์ในการสืบสวนสอบสวนทางกฎหมาย (Bryant et al., 1990; Horrocks and Walsh, 1998) พยานหลักฐานทางเรณูวิทยาสามารถใช้เชื่อมโยงผู้ต้องสงสัยหรือวัตถุที่เกี่ยวข้องเข้ากับสถานที่เกิดเหตุหรือเข้ากับบุคคลอื่นได้ (Horrocks et al., 1998) คดีแรกที่ประสบความสำเร็จการใช้สปอร์และเรณูเป็นพยานหลักฐานเกิดในปี 1959 (Erdtman, 1969) ชายคนหนึ่งหายตัวไประหว่างการท่องเที่ยวบริเวณใกล้กับแม่น้ำดานูบ สาธารณรัฐออสเตรีย ตรวจพิสูจน์โดย Prof. Dr. Klaus แห่งมหาวิทยาลัยเวียนนา กรุงเวียนนา สาธารณรัฐออสเตรีย การสืบสวนเริ่มขึ้นโดยเก็บโคลนจากรองเท้าของผู้ต้องสงสัยมาทำการวิเคราะห์ทางเรณูวิทยา ผลจากการวิเคราะห์พบฟอสซิลเรณูของพืชเมื่อ 20 ล้านปีก่อน ซึ่งสถานที่ที่จะพบเรณูเหล่านี้มีเพียงพื้นที่เดียว คือ ทางทิศเหนือของแม่น้ำดานูบ ตำรวจจึงเข้าตรวจค้นและพบศพของชายคนหนึ่งในบริเวณดังกล่าว (Mildenhall, 2008) จากการศึกษาที่มีความเป็นไปได้ว่าเทคนิคและความรู้ทางเรณูวิทยาถูกนำมาใช้ก่อนปี 1950 แต่ผลที่ได้อาจถูกปกปิดจากสื่อเพื่อมิให้ผู้กระทำผิดได้รับรู้ถึงการใช้ประโยชน์เทคนิคดังกล่าว (Bryant and Mildenhall, 1998)

คุณสมบัติสำคัญของสปอร์และเรณูที่สามารถนำมาใช้เป็นพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากพืชสร้างสปอร์และเรณูเป็นจำนวนมากจึงทำให้มีโอกาสเป็นพยานหลักฐานได้สูง มีขนาดเล็กทำให้เมื่อติดไปกับตัวคนร้าย จะไม่สามารถทราบได้ว่าได้รับพยานหลักฐานนี้ติดไปกับตัวด้วย มีสัญญาณวิทยาที่แตกต่างกันในแต่ละสกุลหรือชนิด (ภาพที่ 3) ทำให้สามารถใช้สปอร์เรณูคาดการณ์ถึงพืชที่มีโอกาสพบในสถานที่เกิดเหตุได้ อีกทั้งยังสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดีทำให้เมื่อเวลา

ผ่านไปยังคงตรวจพบเรณูได้ รวมไปถึงเรณูมีค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ (relative abundance) ที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ (Bryant et al., 1990; Midenhall et al., 2005) ทำให้สามารถเชื่อมโยงคนร้ายเข้ากับสถานที่เกิดเหตุได้ ซึ่งค่าความชุกชุมสัมพัทธ์นี้คือค่าร้อยละของจำนวนสปอร์และเรณูแต่ละชนิดที่นับได้ จากตัวอย่างคดีข่มขืนที่เกิดขึ้นในเครือรัฐออสเตรเลีย แสดงให้เห็นว่า ค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่พบในที่เกิดเหตุมีความแตกต่างกับค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่พบในสถานที่จากคำให้การของคนร้าย ถึงแม้ว่าสองสถานที่ดังกล่าวนี้จะห่างกันเพียงแค่ 7 เมตรก็ตาม (Horrock and Walsh, 1999)



ภาพที่ 3 ความแตกต่างทางสัณฐานวิทยาของเรณูในพืชแต่ละชนิด: (A) *Lilium*; (B) *Spathiphyllum* (C) Caryophyllaceae; (D) *Lavandula stoechas* (สเกลมีขนาดเท่ากับ 10 ไมโครเมตร) (Nguyen and Weber, 2015)

2.4 การสร้างและการแพร่กระจายเรณู (Bryant et al., 1990; Bryant and Mildenhall, 1998; Milne et al., 2004)

การแพร่กระจายของเรณูเกิดขึ้นเมื่ออับเรณูเติบโตเต็มที่และแตกออกเพื่อให้เรณูสามารถไปผสมกับเกสรเพศเมียเพื่อสืบพันธุ์ การแพร่กระจายของเรณูสามารถแบ่งออกเป็น 4 แบบได้แก่ การแพร่กระจายโดยอาศัยน้ำ (water-pollination) การแพร่กระจายในพืชที่มีการผสมตัวเอง (self-pollination) การแพร่กระจายโดยอาศัยสัตว์ (animal-pollination) และพืชที่มีการแพร่กระจายเรณูโดยอาศัยลม (wind-pollination) (ตารางที่ 1)

2.4.1 พืชน้ำส่วนใหญ่จะอาศัยน้ำเป็นตัวแพร่กระจายเรณู (Hydrogamous) เนื่องจากเป็นพืชที่เจริญเติบโตในน้ำ พืชกลุ่มนี้จะมีการสร้างเรณูประมาณ 1,000 เม็ดต่ออับเรณู นอกจากนี้ลักษณะ

สำคัญของเรณูในกลุ่มนี้คือจะมีเรณูขนาดเล็กและมีผนังที่บางทำให้ไม่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมส่งผลให้มีศักยภาพในการเป็นพยานหลักฐานต่ำ

2.4.2 การแพร่กระจายในพืชที่มีการผสมตัวเอง (ผสมภายในต้น (Autogamous) หรือดอก (Cleistogamous) เดียวกัน) คือ พืชที่มีเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียอยู่บนต้นหรือดอกเดียวกันซึ่งจะเติบโตเต็มภายในเวลาเดียวกัน พืชในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะสร้างเรณูน้อยกว่า 100 เม็ดต่ออับเรณูทำให้มีศักยภาพในการเป็นพยานหลักฐานต่ำ อย่างไรก็ตามเรณูของพืชในกลุ่มนี้จะมีความจำเพาะกับพื้นที่เนื่องจากสามารถแพร่กระจายได้ในระยะที่ไม่ไกลจากแหล่งกำเนิดเท่านั้น

2.4.3 พืชที่อาศัยสัตว์ในการแพร่กระจายเรณู (Zoogamous) พืชกลุ่มนี้มีแนวโน้มที่เกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียจะเจริญเติบโตเต็มที่ในเวลาที่แตกต่างกันเพื่อเป็นการป้องกันการผสมภายในดอกเดียวกัน เรณูของพืชในกลุ่มนี้มีศักยภาพในการเป็นพยานหลักฐานที่ดีเนื่องจากเป็นเรณูมีผนังในชั้นเยื่อชั้นหนาทำให้มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมรวมถึงเรณูของพืชชนิดกลุ่มนี้มีการสร้างในปริมาณประมาณ 100 - 1,000 เม็ดต่ออับเรณู และแพร่กระจายไปในสิ่งแวดล้อมใกล้แหล่งกำเนิดเท่านั้นทำให้มีความจำเพาะกับพื้นที่สูง

2.4.4 พืชที่อาศัยลมเป็นตัวแพร่กระจายเรณู (Anemophilous) พืชในกลุ่มนี้มีการผลิตเรณูจำนวนมากประมาณ 1,000-100,000 เม็ดต่ออับเรณู เนื่องจากมีการสร้างเรณูเป็นจำนวนมากทำให้สามารถทับถมและสะสมในดิน จากการศึกษาการแพร่กระจายเรณูของพืชในกลุ่มนี้ร้อยละ 95 สามารถแพร่กระจายได้ไกล 25 เมตร - 2 กิโลเมตรและอีกร้อยละ 5 สามารถกระจายไกล 20 - 100 กิโลเมตร (Tauber, 1967) ดังนั้นศักยภาพในการเป็นพยานหลักฐานก็จะขึ้นอยู่กับแต่ละคดี

ตารางที่ 1 การแพร่กระจายของสปอร์และเรณู (Milne et al., 2004)

การแพร่กระจาย	จำนวนเรณูต่ออับเรณู	การพบในตัวอย่างทางนิติวิทยาศาสตร์	ศักยภาพในทางนิติวิทยาศาสตร์
อาศัยน้ำ	1,000	ไม่ค่อยพบในตัวอย่างเนื่องจากมีผนังบางทำให้ไม่ทนทานต่อสภาพแวดล้อม	มีศักยภาพในการเป็นพยานหลักฐานน้อย
แพร่กระจายภายในต้นหรือดอกเดียวกัน	<100	พบน้อยในตะกอน	มีศักยภาพน้อยแต่จะมีความจำเพาะ
อาศัยสัตว์และแมลง	100-1,000	พบน้อย โดยทั่วไปจะพบใกล้ต้น	ดีเยี่ยม
อาศัยลม	1000->100,000	พบทั่วไปใกล้ต้นและบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง	ดีเยี่ยมไปจนถึงไม่ดี ขึ้นอยู่กับกลุ่มของพืช

2.5 การแพร่กระจายของเรณูในชุมชนเมือง

เรณูสามารถพบการกระจายตัวได้ในทุกพื้นที่ ไม่เฉพาะในป่าที่มีต้นไม้หนาแน่นเท่านั้นแต่พื้นที่ที่มีการรบกวน เช่น ริมนน ชานเมืองรวมถึงในชุมชนเมืองก็สามารถตรวจพบเรณูได้เช่นเดียวกัน (Milne et al., 2004) แต่อาจพบการกระจายของเรณูน้อยกว่าในพื้นที่ที่ไม่ถูกรบกวน (Morgan et al., 2014) งานวิจัยต่างๆแสดงให้เห็นว่าเรณูที่พบได้ในตัวเมืองสามารถมาจากหลายแหล่งด้วยกัน ยกตัวอย่างเช่น มาจากไม้ดอกไม้ประดับที่นิยมปลูกเพื่อตกแต่งอาคารบ้านเรือนให้เกิดความสวยงาม หรืออาจติดมากับมนุษย์ก็เป็นได้ O'Rourke and Lebowitz (1984) พบว่ามีเรณูเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่สามารถแพร่กระจายเข้าไปในที่พักอาศัยได้โดยมีลมเป็นพาหะ แต่เรณูส่วนใหญ่ที่พบในบ้านนั้นมีที่มาจากเท้าและร่างกายของมนุษย์หรือสัตว์เลี้ยง อย่างไรก็ตามเรณูที่แพร่กระจายโดยอาศัยลมนั้นอาจสามารถเข้าถึงภายในอาคารที่มีลักษณะเปิดได้ ซึ่งปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปริมาณเรณูในอากาศคือ สภาพแวดล้อมประกอบด้วย ฤดูกาล อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ แสงแดด ความเร็วลม ทิศทางลม เป็นต้น (Galán et al., 1991; Inceoğlu et al., 1994; Herrero and Fraile, 1997; Lataiowa et al., 2005) Inceoğlu et al. (1994) พบว่าความเร็วลมมีผลทำให้ปริมาณเรณูในอากาศแตกต่างกัน โดยพื้นที่ที่มีความเร็วลมต่ำจะทำให้ปริมาณเรณูลดลงในทางกลับกันเมื่อมีความเร็วลมสูงขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณเรณูในอากาศเพิ่มสูงขึ้น การศึกษาของ Galán et al. (1991) แสดงให้เห็นว่าปริมาณของเรณูในอากาศสูงสุดจะพบได้ในช่วงเวลาที่มืดและอุณหภูมิสูงสุดที่สุดของวัน รวมไปถึงปัจจัยจากชนิดของพืชซึ่งเรณูแต่ละสกุลหรือมีการตอบสนองต่อปัจจัยเหล่านี้แตกต่างกัน ทำให้พื้นที่ที่มีปัจจัยต่างๆเหล่านี้ต่างกันมีปริมาณของเรณูในอากาศแตกต่างกันตามไปด้วย งานวิจัยของ Lataiowa et al. (2005) แสดงให้เห็นว่าเรณูของพืชต่างชนิดกันจะมีปริมาณเรณูสูงสุดในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน

การศึกษาการแพร่กระจายของเรณูในที่พักอาศัยแสดงให้เห็นว่าเรณูส่วนใหญ่ที่พบเป็นเรณูที่มีการแพร่กระจายโดยอาศัยลมและมาจากไม้ดอกไม้ประดับที่ปลูกบริเวณที่พักโดยเรณูจากไม้ดอกไม้ประดับเหล่านี้จะมีอิทธิพลต่อกลุ่มของเรณูที่ฝังตัวอยู่ในพื้นผิวก่อนหน้านี้ (Preusche and Weber, 2014; Nguyen and Weber, 2015) Nguyen and Weber (2015) พบว่าเมื่อใส่รองเท้าที่มีเรณูของไม้ดอกไม้ประดับบริเวณที่พักอาศัยออกไปเดินในชุมชนเมือง พบว่าเรณูจากที่พักมีจำนวนลดลง แสดงให้เห็นว่ามนุษย์สามารถเป็นพาหะในการนำเรณูไปในพื้นที่ต่างๆได้ รวมถึงงานวิจัยของ More and Bera (2015) ที่พบว่าสปอร์และเรณูบนเส้นผมจะมีความสัมพันธ์กับพืชที่พบในบริเวณที่บุคคลนั้นอาศัยอยู่ จึงทำให้สามารถใช้เป็นพยานหลักฐานในการเชื่อมโยงวัตถุหรือบุคคลเข้ากับที่เกิดเหตุได้

2.6 การเสื่อมสภาพของเรณู

นักเรณูวิทยาได้ทำการศึกษานับจำนวนและชนิดของเรณูที่เสื่อมสภาพและเสื่อมสภาพพบว่าเรณูเสื่อมสภาพอย่างช้าๆ เมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งเรณูต่างชนิดกันจะมีอัตราการเสื่อมสภาพที่ต่างกัน (Havinga, 1964; 1984; Bryant and Hall, 1993; Bryant et al., 1994; Bryant, 2005) Phuphumirat et al. (2009) พบว่า เรณูมีการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว ซึ่งอัตราการเสื่อมสภาพมากกว่าร้อยละ 50 ภายในเวลาเพียง 2 เดือน โดยมีทั้งปัจจัยภายนอกและภายในที่ส่งผลต่อการ

เสื่อมสภาพของเรณู อย่างไรก็ตามเรณูจากพืชต่างชนิดกันจะมีอัตราการเสื่อมสภาพในดินแต่ละชนิดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยประกอบด้วย

2.6.1 ปัจจัยภายใน

- องค์ประกอบของผนังเรณู

Sporopollenin ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของผนังเรณูชั้นเอ็กซิน ทำให้เรณูสามารถทนต่อกรดได้ (Milne et al., 2004) อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่า sporopollenin จะสามารถทนต่อความเป็นกรดแต่มีความไวต่อการเกิดออกซิเดชันเป็นอย่างมาก (Woolfenden, 1996; Havinga, 1967) การศึกษาของ Havinga (1964) ได้ตั้งข้อสังเกตถึงอัตราการออกซิเดชัน (oxidation) ที่แตกต่างกันของผนังเซลล์ของเรณูพบว่าเรณูที่มี sporopollenin ปริมาณน้อยจะเกิดการเสื่อมสภาพได้เร็ว ดังนั้นอัตราการเกิดออกซิเดชันจะแปรผกผันต่อปริมาณ sporopollenin ในผนังเรณู

- โครงสร้างทางสัณฐานวิทยาและลวดลายบนผนังเรณู

เป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพการเสื่อมสภาพของเรณู งานวิจัยของ Hochoil et al. (1999) พบว่าเรณูที่มีผนังบางจะถูกลายได้ง่ายกว่าในขณะที่การศึกษาของ Havinga (1964) แสดงให้เห็นว่าลวดลายบนผนังเรณูชั้นนอกที่มีลักษณะเรียบ (Psilate) มีความทนทานต่อการออกซิเดชันน้อยกว่าลวดลายแบบอื่น

2.6.2 ปัจจัยภายนอก

- ปัจจัยทางเคมี พบว่าในบริเวณที่มีค่า pH และค่า Eh สูงจะส่งผลให้เรณูเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว และยังพบอีกว่าเปรียบเทียบกับบริเวณที่มีความเค็มสูง บริเวณที่มีความเค็มต่ำกว่าทำให้เรณูเสื่อมสภาพได้มากกว่าเช่นกัน (Bryant et al, 1994; Bryant, 2005)

- ปัจจัยทางกล ซึ่งอาจเกิดจากการเสียดสีโดยการพัดพาของน้ำ หรือค่าความดันที่สูงเกินไป ส่งผลให้เรณูเสื่อมสภาพได้เร็ว (Bryant and Hall, 1993; Bryant et al., 1994)

- ปัจจัยทางชีวภาพ เช่น แบคทีเรีย ไคทริด (chytrids) และเชื้อราบางชนิดจะทำให้อัตราเร็วในการเสื่อมสภาพของเรณูเพิ่มขึ้น (Bryant, 2005) โดยการสลายผนังของเรณูบริเวณที่เป็นช่องเปิดหรือบริเวณที่มีผนังบางเพื่อเข้าไปกินไฮโดรพลาสซึมภายในเรณู ส่งผลให้เรณูเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว (Elsik, 1966; Holloway, 1989)

2.7 ตัวอย่างเปรียบเทียบ (Comparator sample)

ตัวอย่างเปรียบเทียบ คือ ตัวอย่างที่เก็บจากสถานที่เกิดเหตุ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับพยานวัตถุที่ได้จากผู้ต้องสงสัยว่ามีความเกี่ยวข้องหรือไม่ ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์การเก็บพยานวัตถุหรือตัวอย่างเปรียบเทียบโดยใช้วิธีที่แตกต่างกันสามารถส่งผลการตรวจพิสูจน์ได้ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Milne et al. (2006) ที่ทำการเปรียบเทียบวิธีการเก็บสารพันธุกรรมจากกระพุ้งแก้มโดยใช้วิธี Buccal swabs และกระดาษ FTA พบว่าการเก็บสารพันธุกรรมจากกระพุ้งแก้มโดยใช้กระดาษ FTA จะมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้วิธี Buccal swabs การศึกษาการเก็บดีเอ็นเอโดยใช้ minitape เปรียบกับการใช้ swabs สามชนิดที่แตกต่างกันของ Hansson et al. (2009) แสดงให้เห็น

ว่าปริมาณสารพันธุกรรมที่ได้จาก swabs ทั้งสามชนิดไม่มีความแตกต่างกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับ การใช้ minitape แล้วพบว่าการใช้วิธี minitape จะได้ปริมาณสารพันธุกรรมมากกว่าวิธีที่กล่าวถึงข้างต้น รวมไปถึงการศึกษาการเก็บตัวอย่างน้ำลายบนผิวหนัง พบว่าวิธี tape lifting ให้ประสิทธิภาพในการได้รับสารพันธุกรรมกลับคืนสูงกว่าการใช้วิธี double swab (Kenna et al., 2011) จากงานวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการเก็บตัวอย่างพยานหลักฐานจะขึ้นอยู่กับพื้นผิวและสภาพของพยานหลักฐานชนิดนั้นๆ (Lee and Ladd, 2001) ซึ่งการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบในงานทางด้านนิติเวชวิทยาก็เช่นเดียวกัน โดยเมื่อบุคคลที่กระทำผิดเข้ามาในที่เกิดเหตุ ยานพาหนะ เสื้อผ้า รวมไปถึงเครื่องมือหรือวัสดุต่างๆ อาจมีเรณูมาจากบริเวณโดยรอบ เช่น การตรวจพบเรณูของต้น *Hypericum* บนเสื้อเชิ้ตและเสื้อแจ็กเก็ตของนักย่องเบาในราชอาณาจักรนิวซีแลนด์ ทำให้ในการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบต้องมีค่าเงินโดยเร็วที่สุดภายหลังเหตุที่เกิดขึ้นและเก็บตัวอย่างด้วยวิธีที่เหมาะสม (Mildenhall, 2006; Milne et al., 2004) การวิเคราะห์จะใช้หลักการเปรียบเทียบค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่ได้จากบุคคล วัตถุ หรือสถานที่ที่ต้องสงสัยและตัวอย่างเปรียบเทียบที่เก็บจากสิ่งที่เกี่ยวข้องกันคดีนั้นๆ ซึ่งทั่วไปตัวอย่างเปรียบเทียบส่วนใหญ่จะเป็นดินจากบริเวณผิวหน้าดินและน้ำจากแหล่งจากสถานที่เกิดเหตุหรือจากสถานที่ที่เหยื่อมีชีวิตอยู่ ซึ่งในการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบนั้นควรเก็บอย่างมีระบบและควรเก็บให้เพียงพอเพื่อใช้ในการเชื่อมโยงผู้ต้องสงสัยหรือวัตถุที่เกี่ยวข้องเข้ากับสถานที่เกิดเหตุได้ (Mildenhall et al., 2006)

ในปัจจุบันการเก็บตัวอย่างพยานหลักฐานทางนิติเวชมีหลายวิธีประกอบด้วย

2.7.1 การตัก งานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าวิธีที่มีประสิทธิภาพในการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบประเภทดิน ควรเก็บดิน 20 จุดเว้นระยะห่างสม่ำเสมอ ซึ่งในการเก็บแต่ละครั้งจะตักดินประมาณครึ่งหรือหนึ่งช้อนชา เลือกเก็บเฉพาะบริเวณผิวดินหรือลึกจากบริเวณผิวดินไม่เกิน 1 เซนติเมตรโดยทำการเก็บจากบริเวณทางเดินและบริเวณทางออกของพื้นที่ (Milne et al., 2004)

2.7.2 การใช้วิธีการดูดฝุ่น วิธีนี้จะเหมาะสำหรับการนำเรณูออกจากพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ เช่น พื้นพรม และพื้นที่ภายในรถ ซึ่งข้อควรระวังในการใช้วิธีการดูดฝุ่นคือ เครื่องดูดฝุ่นที่ใช้จะต้องสะอาดและต้องมีการเปลี่ยนตัวกรองใหม่ในทุกๆ ตัวอย่าง (Milne et al., 2004) ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ O'rouke and Lebowitz (1984) ได้มีการเลือกใช้วิธีการดูดฝุ่นในการเก็บตัวอย่างเรณูจากพรมภายในที่อยู่อาศัย

2.7.3 การใช้เทปกาว (Tape lifting) เหมาะสำหรับการเก็บตัวอย่างเส้นใยและดินที่ติดมากับพยานหลักฐาน ยกตัวอย่างเช่น การหาข้อเท็จจริงเรื่องผ้าห่อศพแห่งตุลิน (shroud of Turin) คณะผู้ศึกษาใช้เทปกาวแปะลงบนผ้าเพื่อเก็บตัวอย่างเรณูบนผ้าห่อศพดังกล่าว (Frei, 1982) รวมถึงงานวิจัยของ Jantunen and Saarinen (2011) ได้มีการใช้เทปกาวในการเก็บเรณูจากเสื้อผ้าด้วยเช่นเดียวกัน วิธีนี้มีประโยชน์คือสามารถป้องกันการปนเปื้อนระหว่างตัวอย่างได้ จากงานวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็น

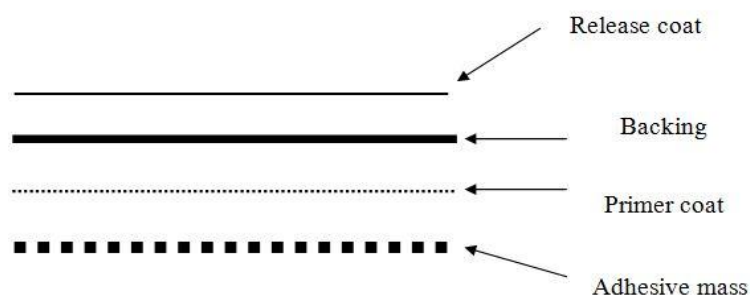
ว่าการใช้เทปกาวและใช้วิธีการดูดฝุ่นจะสามารถทำให้เรณูที่มีขนาดเล็กหลุดออกจากพื้นผิวได้ (Milne et al., 2004)

2.7.3.1 กาวที่ไวต่อแรงกด (Pressure Sensitive adhesives) (Smith, et al., 1984; Maynard et al., 2001; Benedek, 2004; Brockmann, et al., 2009) PSAs เริ่มใช้กันอย่างแพร่หลายภายหลังศตวรรษที่ 19 นำมาใช้งานครั้งแรกในงานทางการแพทย์โดยใช้ร่วมกับผ้าพันแผล ในการผลิตกาวที่ไวต่อแรงกดครั้งแรกตัวทำละลายที่ใช้จะเป็นยางธรรมชาติแต่ในปัจจุบันวัตถุดิบที่นำมาใช้จะมีหลากหลายมากขึ้นคือมีการประยุกต์ใช้ยางสังเคราะห์และอะคริลิก คุณสมบัติของกาวที่ไวต่อแรงกดคือเป็นวัสดุที่สามารถเกาะติดบนผิวได้ทันทีและความแข็งแรงภายในของกาวจะไม่ไปทำลายพันธะระหว่างกาวและพื้นผิว

กาวที่ไวต่อแรงกดประกอบด้วยวัสดุ 4 ชั้น (ภาพที่ 4) ได้แก่

- Adhesive mass เป็นชั้นของกาว ประกอบด้วยยางธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์ (ปัจจุบันนิยมใช้ acrylic polymer)
- Primer coat เป็นตัวเชื่อมที่จะทำให้ชั้น Adhesive mass และชั้น backing เชื่อมติดกันได้ดีขึ้น
- Backing เป็นชั้นของวัสดุที่ใช้ในการยึดเกาะ เช่น กระดาษ, ผ้า, เซลโลเฟน เป็นต้น
- Release Coat เป็นชั้นบนสุดซึ่งใช้เป็นตัวเคลือบมันกาวให้สามารถลอกออกได้โดยไม่ติดกัน

ปัจจุบันกาวที่ไวต่อแรงกดมีการนำมาประยุกต์ใช้หลายรูปแบบซึ่งช่วยแก้ปัญหาในการใช้งานที่หลากหลาย



ภาพที่ 4 องค์ประกอบของกาวที่ไวต่อแรงกด (Smith et al., 1984)

2.7.3.2 ตัวทำละลาย การใช้เทปกาวในการเก็บพยานหลักฐานทางเรณูวิทยา จำเป็นต้องมีการใช้ตัวทำละลายทำให้เรณูที่เกาะติดอยู่กับกาวหลุดออก เพื่อนำเรณูที่ได้ไปทำการสกัดและวิเคราะห์ต่อไป จากงานวิจัยของ Smith et al. (1984) แสดงให้เห็นว่าการเลือกตัวทำละลายจำเป็นต้องอาศัยสมบัติความเป็นขั้วของตัวทำละลาย ซึ่งตัวทำละลายที่นำมาใช้ในการละลายกาวประกอบด้วย

- เอทิลอะซิเตต (Ethyl acetate) มีสูตรโครงสร้างคือ $C_4H_8O_2$ เป็นสารประกอบระหว่างหมู่ไฮดรอกซีของอะซิเตตที่ถูกแทนที่ด้วยหมู่เอทอกซี เอทิลอะซิเตตบริสุทธิ์เป็นของเหลวใสไม่มีสี มีจุดหลอมเหลวอยู่ที่ $-83.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ จุดเดือดอยู่ที่ $77.06\text{ }^{\circ}\text{C}$ สามารถละลายน้ำได้เล็กน้อยแต่ส่วนใหญ่สามารถละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น แอลกอฮอล์ คีโตน เอสเทอร์และคลอโรฟอร์ม เอทิลอะซิเตตถูกนำมาใช้เป็นตัวทำละลายที่สำคัญในอุตสาหกรรมสี กาว หมึกพิมพ์ พลาสติก ยา เส้นใยสังเคราะห์ เป็นต้น (Hasanoglu et al., 2007)

- ไดเมทิลฟอร์มามาร์ไมด์ (Dimethylformamide) หรือชื่อ IUPAC คือ N,N-dimethylformamide เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีสูตรโครงสร้างคือ C_3H_7NO เป็นสารละลายใสไม่มีสี มีจุดหลอมเหลวอยู่ที่ $-61.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ จุดเดือดอยู่ที่ $153\text{ }^{\circ}\text{C}$ ความหนาแน่นอยู่ที่ 0.9445 g/ml สามารถละลายได้ในน้ำ ไดเมทิลฟอร์มามาร์ไมด์นิยมใช้ในการสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์และใช้เป็นตัวทำละลายสำหรับสารหลายชนิด ยกตัวอย่างเช่น พลาสติก เส้นใยอะคริลิก รวมไปถึงเป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรมการผลิตกาว (Juillard, 1997; Bipp and Kieczka, 2011)

- สเปรย์ขจัดคราบกาว (Adhesive remover) เป็นสารกำจัดคราบกาวที่เกิดจากการลอกเทป สติกเกอร์และคราบสกปรกต่างๆ มีสารเคมีที่เป็นส่วนประกอบสำคัญคือ ไลโมนีน (D-Limonene)

ไลโมนีน มีชื่อ IUPAC คือ 1-Methyl-4-(1-methylethenyl)-cyclohexene มีสูตรโครงสร้างทางเคมีคือ $C_{10}H_{16}$ เป็นสารในกลุ่มเทอร์พีน (monoterpene) มีจุดหลอมเหลวอยู่ที่ $-74.35\text{ }^{\circ}\text{C}$ จุดหลอมเหลวอยู่ที่ $176\text{ }^{\circ}\text{C}$ ไม่ละลายน้ำแต่สามารถละลายได้ในแอลกอฮอล์ เบนซีน คลอโรฟอร์มและน้ำมัน โดยทั่วไปไลโมนีนจะเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมของผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวซึ่งเป็นน้ำมันที่มาจากเปลือกของส้ม มะนาว เป็นต้น และถูกนำมาใช้เป็นตัวทำละลายสำหรับผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด เช่น ใช้กำจัดน้ำมันออกจากชิ้นส่วนของเครื่องจักร กำจัดคราบกาว เป็นต้น (Sun, 2007; Butler, 2010)

2.8 คุณสมบัติของผ้า

2.8.1 ผ้าฝ้าย (Cotton) (El-Tahlawy et al., 2005; ธเนศ, 2554) ฝ้ายเป็นเส้นใยธรรมชาติมีการใช้งานกว้างขวางมากที่สุดซึ่งสามารถนำมาใช้งานได้หลากหลายรูปแบบทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน โดยฝ้ายสามารถเจริญเติบโตได้เกือบทุกพื้นที่ ยกเว้นบางพื้นที่ที่มีอากาศหนาว (ต่ำกว่า 21 C°) เส้นใยของฝ้ายจะเป็นเส้นใยเซลลูโลสชนิดหนึ่งซึ่งได้มาจากผลของฝ้ายที่แก่จัดนำมาปั่นเป็นเส้นด้าย ปกติจะมีสีขาวแต่บางชนิดอาจพบสีครีมหรือน้ำตาลได้ ลักษณะโดยทั่วไปของผ้าฝ้ายจะมีลักษณะค่อนข้างเหนียว ยืดตัวดี ยับง่าย ดูดซึมน้ำ ความร้อนได้ดีและสามารถทนต่อสารละลายต่างได้ดี จึงนิยมนำมาตัดเย็บเป็นเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม นอกจากนี้ฝ้ายยังสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเส้นใยประดิษฐ์ประเภทเซลลูโลส เช่น เรยอน ได้

2.8.2 ผ้าสแปนเด็กซ์ (Spandex) หรือ Elastane (Özdil , 2008; Tezel and Kavuştur, 2008; Mourad et al., 2012) เป็นเส้นใยสังเคราะห์โซ่ยาวประกอบด้วยพอลิยูรีเทน 85 เปอร์เซ็นต์ สลับกับพอลิเมอร์ชนิดอื่น เช่น พอลิเอสเทอร์หรือพอลิอีเทอร์ เส้นใยสแปนเด็กซ์ ถูกผลิตขึ้นมาทดแทนยางธรรมชาติที่มีอายุการใช้งานน้อย เส้นใยสแปนเด็กซ์ มีคุณสมบัติในการยืดหยุ่นไปตามการเคลื่อนไหวของร่างกาย คืนตัวได้ดีนอกจากนี้ยังง่ายต่อการดูแลรักษา ทำให้เส้นใย สแปนเด็กซ์ ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในการนำผ้าชนิดนี้มาตัดเย็บเป็นเสื้อผ้ากีฬา ผ้าพันคอ ชุดชั้นใน แจ็คเก็ต ตลอดจนชุดว่ายน้ำ (Nayak et al., 2009) โดยจากการศึกษาคุณสมบัติของเส้นใยสแปนเด็กซ์พบว่า การเพิ่มอัตราส่วนของเส้นใยสแปนเด็กซ์ร่วมกับเส้นใยชนิดอื่นในการทักทอเสื้อผ้าจะส่งผลให้ความยืดหยุ่นของเสื้อผ้าชนิดนั้นเพิ่มขึ้นแต่การดึงและการฉีกขาดจะลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของเส้นใยสแปนเด็กซ์ลงไป (Meriç and Gürarda, 2002)

2.8.3 ผ้าเดนิม (Denim) (Kan and Yuen, 2009; Kumar et al., 2016) เป็นผ้าที่ได้รับความนิยมสวมใส่จากทุกเพศทุกวัยมาเป็นระยะเวลาอันยาวนานซึ่ง ผ้าเดนิมในยุคแรกจะเป็นผ้าทอที่หนักซึ่งจะถูกทักทอจากผ้าฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะแบ่งเป็นผ้าฝ้ายย้อมครามทอร่วมกับเส้นด้ายสีเทา (Behera et al., 1997; Rahman, 2010; Paul, 2015) ผ้าเดนิมจะมีลักษณะเป็นสีฟ้าแต่ถูกพัฒนาให้มีหลากหลายเฉดสี ทั้งนี้เพื่อการใช้งานที่หลากหลาย ผ้าเดนิมถูกนำมาใช้กับเสื้อผ้าที่ต้องการความคงทน เนื่องจากผ้าชนิดนี้มีความหนัก แข็งแรงและหนา แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาโดยมีการเพิ่มเส้นใยสแปนเด็กซ์ เข้าไปเพิ่มให้เนื้อผ้ามีความยืดหยุ่นและสวมใส่สบายมากขึ้น (Özdil , 2008; El-Ghezal et al., 2009) โดยจากงานวิจัยของ Rahman (2011) พบว่า การเพิ่มอัตราส่วนของเส้นใยสแปนเด็กซ์ ในผ้าจะมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและกลไกของเนื้อผ้าเดนิม เช่น ความทนทาน การหดตัว และการยืดขยายเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Özdil (2008) ที่พบว่าการเพิ่มจำนวนของเส้นใยสแปนเด็กซ์ลงไปในผ้าเดนิมจะทำให้ผ้าเดนิมมีคุณสมบัติการยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นได้เช่นเดียวกัน โดยในปัจจุบันผ้าเดนิม ถูกทักทอ ตัดเย็บออกมาในหลายรูปแบบเพื่อประโยชน์และการใช้งานที่แตกต่างกัน ได้แก่ กางเกง แจ็คเก็ต เสื้อเชิ้ต เสื้อสตรี และกระเป่า เป็นต้น

2.9 สารซักฟอก (Detergent) (Bajpai and Tyagi, 2007)

สารซักฟอกเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของสารลดแรงตึงผิวร่วมกับสารเคมีชนิดต่างๆ ถูกผลิตขึ้นเพื่อใช้ซักล้างและทำความสะอาดเสื้อผ้าซึ่งปัจจุบันมีผลิออกมาหลายรูปแบบทั้งในรูปแบบผง เม็ดและน้ำ โดยทั่วไปผงซักฟอกจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิดได้แก่ Phosphate detergent จะมีส่วนประกอบหลักเป็นฟอสเฟต มีฤทธิ์กัดกร่อน และ Surfactant detergent ผงซักฟอกชนิดนี้มี ส่วนประกอบหลักเป็นสารลดแรงตึงผิวที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งผงซักฟอกชนิดหนึ่งอาจมีสารลดแรงตึงผิวหนึ่งชนิดหรือมากกว่าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทำให้ผงซักฟอกมีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น โดยใน ผงซักฟอกสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบหลักหลายชนิดได้แก่

- 2.9.1 สารลดแรงตึงผิว (surfactant) เป็นสารเคมีที่ช่วยลดแรงตึงผิวของน้ำทำให้สามารถแทรกซึมเข้าสู่เส้นใยตลอดจนสามารถดึงสิ่งสกปรกออกจากเส้นใยได้ โดยสารลดแรงตึงผิวที่นิยมใช้มีทั้งประเภทที่เป็น สารประจุลบ (anionis) สารประจุบวก (cationic) สารไม่มีประจุ (nonionic) สารที่มีประจุทั้งสองชนิด(amphoteric) ประเภทใดประเภทหนึ่ง
- 2.9.2 สารลดความกระด้างของน้ำ (Builder) ทำหน้าที่เพิ่มประสิทธิภาพของสารลดแรงตึงผิวให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น
- 2.9.3 สารป้องกันการคืนกลับ (Antiredeposition agents) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้สิ่งสกปรกที่หลุดออกจากเส้นใยแล้วย้อนกลับมาเกาะบนเส้นใยได้อีกครั้งหนึ่ง

นอกจากนี้ยังมีการเพิ่มสารเคมีอีกหลายชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ยกตัวอย่างเช่น สารป้องกันการตกตะกอน สารเพิ่มความสดใส สารควบคุมการเกิดฟอง สารกันหอม เอนไซม์ น้ำหอม สี เป็นต้น

3. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 3.1 เพื่อศึกษาการแพร่กระจายของสปอร์และเรณูในเขตชุมชนเมืองรวมถึงศักยภาพของ สปอร์และเรณูที่ดังกล่าวในการเป็นพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์
- 3.2 เพื่อศึกษาวิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบกับจากสถานที่เกิดเหตุในเขตชุมชนเมือง

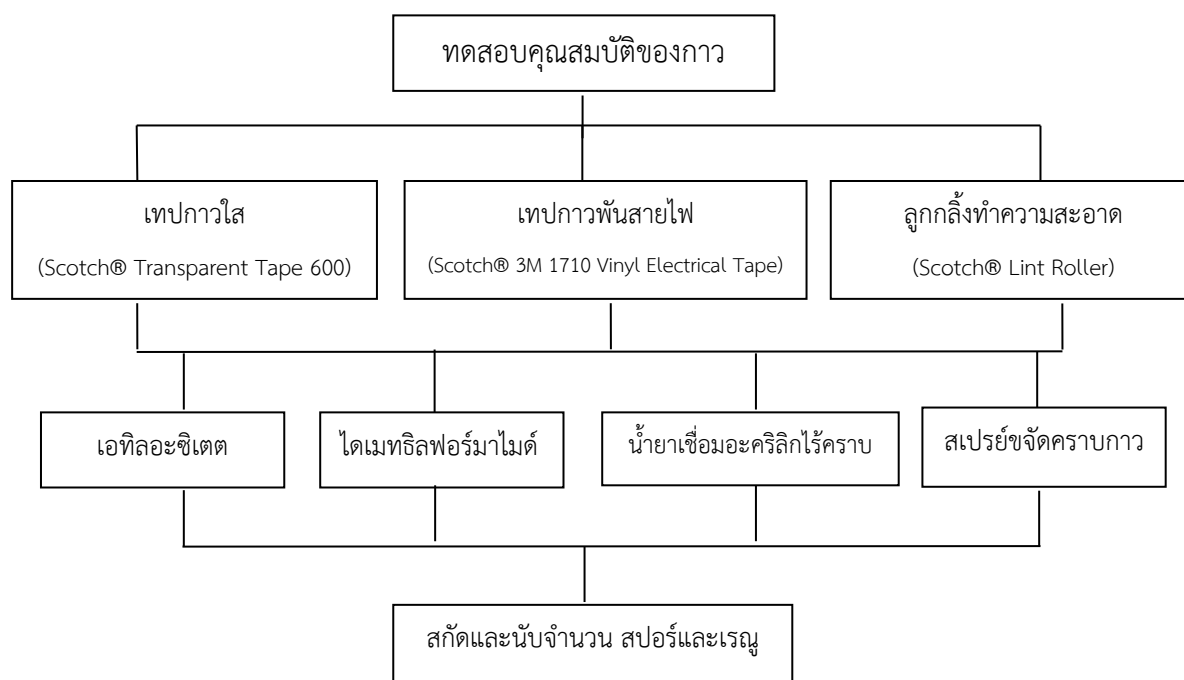
บทที่ 2

วิธีการศึกษา

การทดลองที่ 1 ศึกษาวิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบ

1. ทำการเก็บเรณูจากพืช 13 ชนิด ประกอบด้วย หญ้าขจรจบ ดอกเห็ดเอื้อง (*Pennisetum setosum* (Sw.) Rich.) ข้าหลวงหลังลาย (*Asplenium nidus* L.) พลับพลึง (*Crinum asiaticum* L.) บานไม่รู้โรย (*Gomphrena globosa* L.) บัวหลวง (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) บัวสาย (*Nymphaea lotus* L.) กระจินณรงค์ (*Acacia auriculaeformis* Benth.) ชบา (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) กระจุมทองเลื้อย (*Wedelia trilobata* (L.) Hitchc.) หมากเขี้ยว (*Ptychosperma macarthurii* (H. Wendl. ex H.J. Veitch) H. Wendl. ex Hook. f.) แก้ว (*Murraya paniculata* (L.) Jack) และรูปฤาษี (*Typha angustifolia* L.) ซึ่งเป็นพืชที่สามารถพบได้ทั่วไปในชุมชนเมืองและสนสามใบ (*Pinus merkusii* Jungh. & de Vriese) เป็นพืชที่มีการแพร่กระจายเรณูโดยอาศัยลมโดยลักษณะ สัณฐานวิทยาของสปอร์และเรณูทั้ง 13 ชนิดแสดง ดังภาพที่ 7 แต่ละชนิดจะมีสัณฐานวิทยาแตกต่างกัน หลากหลายลักษณะ เพื่อสามารถกำหนดจำนวนให้เรณูมีปริมาณใกล้เคียงกันในแต่ละการทดลอง จึง นำสปอร์และเรณูทั้งหมดใส่ในบีกเกอร์ เดิมแอลกอฮอล์คนให้เข้ากันและใช้ตะแกรงกรองให้เหลือ แอลกอฮอล์ที่มีส่วนผสมของสปอร์และเรณูเพื่อนำมาทำการทดลองในขั้นตอนไป
2. การหาตัวทำลายที่เหมาะสมในการละลายกาวบนเทปกาว
 - ทำการทดลองเบื้องต้นเพื่อทดสอบคุณสมบัติของเทปกาวทั้งสามชนิดได้แก่ เทปกาวใส (Scotch® Transparent Tape 500) เทปกาวพันสายไฟ (Scotch® 3M 1710 Vinyl Electrical Tape) และ ลูกกลิ้งทำความสะอาด (Scotch® Lint Roller) ตัวทำลายที่แตกต่างกัน ซึ่งขั้นตอนประกอบด้วย
 - 2.1 นำแอลกอฮอล์ที่มีส่วนผสมของสปอร์และเรณูจากขั้นตอนที่ 1 จำนวน 5 มิลลิลิตรหยดลงบน กระเบื้องแผ่นเรียบที่ต้องการทำการทดลองขนาด 20x20 เซนติเมตร โดยจะหยดให้ชิดแผ่น กระเบื้องมากที่สุดเพื่อป้องกันการกระเซ็นของส่วนผสมดังกล่าวออกจากแผ่นกระเบื้อง จากนั้น เคลือบให้ทั่วแผ่นกระเบื้องอย่างสม่ำเสมอโดยใช้แท่งแก้วสามเหลี่ยมจากนั้นทิ้งไว้แห้ง
 - 2.2 ใช้เทปกาวแต่ละชนิดเก็บสปอร์และเรณูบนพื้นผิวที่เตรียมไว้
 - 2.3 จากนั้นนำเทปกาวที่มีสปอร์และเรณูติดอยู่ไปแช่ในสารละลาย ประกอบด้วย ไดมethylฟอร์มาไมด์ เอทิลอะซิเตต สเปรย์ขจัดคราบกาว และ น้ำยาเชื่อมอะคริลิกไร้คราบ ซึ่งเป็นสารที่มีสภาพ ขี้วแตกต่างกัน จากนั้นใช้แท่งแก้วคนชุดบริเวณเทปกาวเพื่อให้สปอร์และเรณูที่ติดอยู่กับกาวหลุด ออก จากนั้นนำสารละลายที่มีส่วนผสมของสปอร์และเรณูอยู่ไปหมุนเหวี่ยง 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที และนำตะกอนที่ไปสกัดสปอร์และเรณู สาเหตุที่จำเป็นต้องมีการนำเทปกาวไป

แช่ใช้สารละลายดังกล่าวก่อนนำไปสกัดสปอร์และเรณูเนื่องจากทำให้สปอร์และเรณูที่เกาะติดอยู่กับกาวนั้นหลุดออก ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 วิธีการทดสอบคุณสมบัติของกาวจากตัวทำละลายต่างๆ

2.4 การสกัดสปอร์และเรณู นำตะกอนที่ได้ภายหลังจากการนำสปอร์และเรณูออกจากเทปกาวแต่ละชนิดมาสกัดแยกสปอร์และเรณูโดยใช้วิธีการอะซิโตไลซิส (Erdtman, 1952) โดยมีวิธีการดังนี้

- นำตะกอนเติม Acetic acid ในอัตราส่วน 1:5 (เพื่อกำจัดน้ำออกไป) นำไปหมุนเหวี่ยง 6,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 5 นาที

- นำตะกอน เติม Acetolysis mixture (9:1 acetic anhydride: conc. Sulphuric acid) จากนั้นนำหลอดไปอุ่นในน้ำที่กำลังเดือดเป็นเวลา 5 นาที นำไปหมุนเหวี่ยง 6,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 5 นาที

- เติม Acetic acid อีกครั้ง เพื่อกำจัดสารเคมีตกค้าง ในอัตราส่วน 1:5 แล้วล้างด้วยน้ำ 1 ครั้ง นำไปหมุนเหวี่ยง 6,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 5 นาที

- เติมน้ำเพื่อเป็นการล้างสารเคมีอีกครั้งและนำไปหมุนเหวี่ยง 6,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 5 นาที

2.5 จำแนกชนิดและนับปริมาณเรณูแต่ละชนิดภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (รุ่น BX43 Olympus) เปรียบเทียบค่าความชุกชุมของสปอร์และเรณูจากแต่ละวิธี เพื่อนำวิธีที่เหมาะสมไปทำการศึกษาในขั้นตอนถัดไป

2.6 ทดสอบทางสถิติโดยใช้ค่าไค-สแควร์ (Chi-square) เพื่อเปรียบเทียบค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ที่ได้จากการทดลองกับตัวอย่างควบคุม

3. การสอบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบ

3.1 เตรียมพื้นที่ที่ทำการทดลอง เลือกพื้นผิว 4 ชนิดที่สามารถพบได้โดยทั่วไปในชุมชนเมือง คือ พื้นผิวเรียบ พื้นผิวอิฐทางเดิน พื้นผิวคอนกรีต พื้นผิวถนน(ยางมะตอย) โดยแต่ละพื้นผิวจะทำการทดลองบนพื้นที่ 20x20 เซนติเมตร

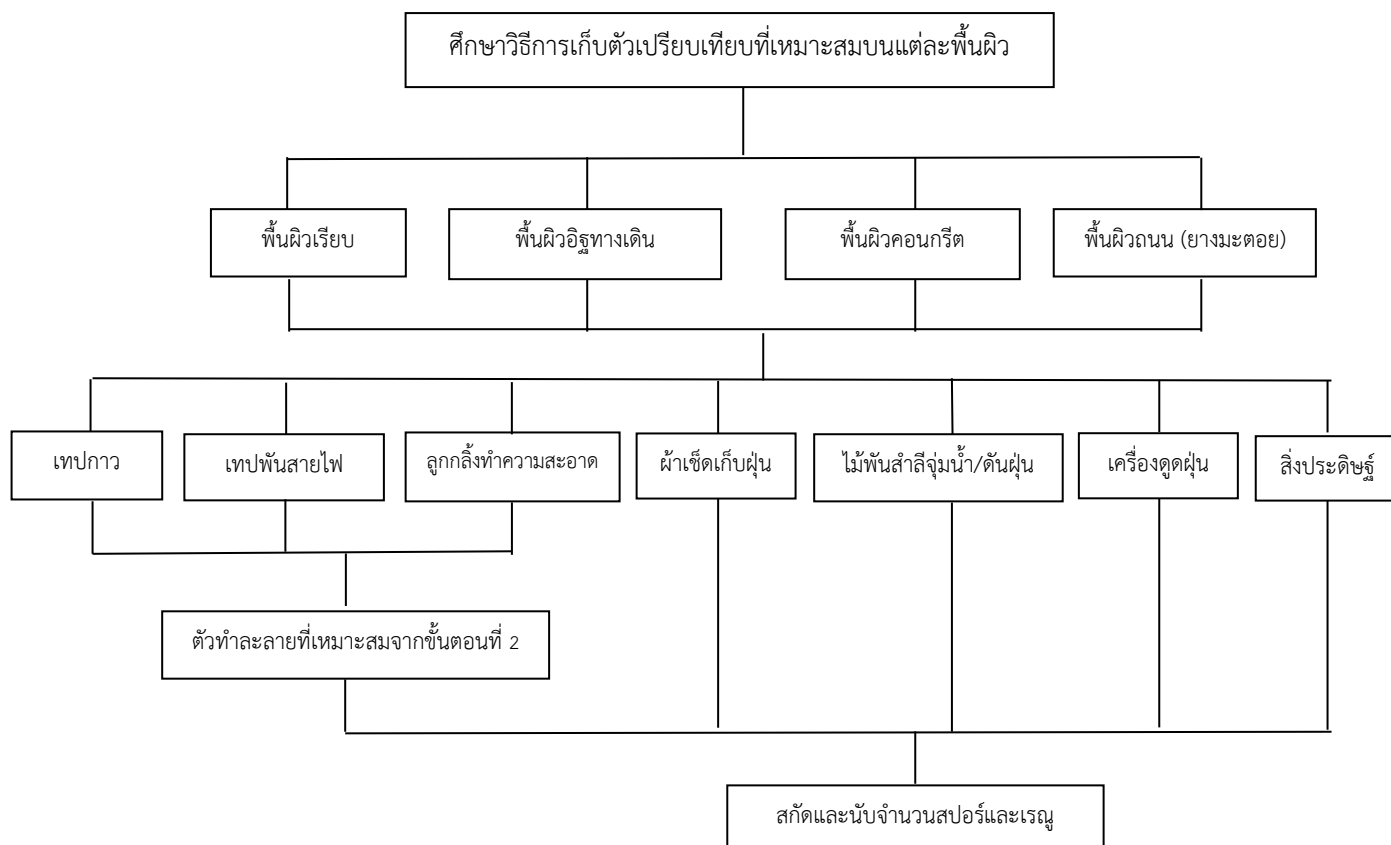
3.2 นำแอลกอฮอล์ที่มีส่วนผสมของสปอร์และเรณูที่เตรียมไว้ ปริมาณ 2 ไมโครลิตร 20 ไมโครลิตร และ 5 มิลลิลิตร เทลงบนพื้นที่ที่ต้องการทำการทดลองโดยไม่ให้ไหลออกจากพื้นที่ที่กำหนด จากนั้นทิ้งไว้ให้แห้ง

3.3 ทำการทดสอบวิธีการตัวอย่างเปรียบเทียบที่เหมาะสมบนแต่ละพื้นผิวจากตัวทำลายที่ดีที่สุดจากการทดลองในข้อ 2 รวมถึงใช้วิธีการต่างอีก 5 วิธี รวมทั้งหมด 8 วิธีประกอบด้วย เทปกาวใส ลูกกลิ้ง ทำความสะอาด เทปกาวพันสายไฟ ผ้าดักจับฝุ่น ไม้พันสำลีชุบน้ำ ไม้พันสำลีชุบน้ำยาต้านฝุ่น เครื่องดูดฝุ่น และสิ่งประดิษฐ์ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น (ทำการทดลอง 5 ซ้ำ) (ภาพที่ 6 และ 7) แต่ละวิธีมีขั้นตอนและวิธีการเก็บดังนี้

- การใช้เทคนิค tape lifting ได้แก่ การใช้เทปกาวใส เทปกาวพันสายไฟ และลูกกลิ้งทำความสะอาดร่วมกับตัวทำลายที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 1.1
- ผ้าเช็ดเก็บฝุ่น (Duster Sheets) เป็นผ้าซึ่งทำมาจากเส้นใยของฝ้ายและมีการเคลือบสารเคมีอยู่ทั่วตลอดทั้งผืน ถูบนพื้นผิวต่างๆ ตลอดทั้งพื้นผิว
- ไม้พันสำลีจุ่มน้ำ นำไม้พันสำลีจุ่มน้ำและถูบนพื้นผิวตลอดทั้งพื้นผิว
- ไม้พันสำลีจุ่มน้ำยาต้านฝุ่น นำไม้พันสำลีจุ่มน้ำยาต้านฝุ่นทิ้งไว้ประมาณ 30 วินาทีเพื่อให้หมาด จากนั้นนำมาถูบนพื้นผิวต่างๆ ตลอดทั้งพื้นผิว
- เครื่องดูดฝุ่น จะทำการล้างทำความสะอาดและเปลี่ยนแผ่นกรองในทุกตัวอย่าง
- สิ่งประดิษฐ์ พัฒนามาจากเครื่องดูดฝุ่นโดยมีการดัดแปลงให้แผ่นกรองอยู่บริเวณส่วนท่อด้านหลังของเครื่องดูดฝุ่นปกติ ในการเก็บตัวอย่างจะเปลี่ยนแผ่นในทุกตัวอย่าง



ภาพที่ 6 ลักษณะของสิ่งประดิษฐ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น



ภาพที่ 7 แสดงวิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบที่เหมาะสมบนแต่ละพื้นผิว

4. การสกัดสปอร์และเรณู

- เทปกาวทั้ง 3 ชนิด ใช้วิธีการสกัดเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ขั้นตอนที่ 2.3 และ 2.4
- ผ้าเช็ดเก็บฝุ่น ไม้พั้นสำหรับน้ำ ไม้พั้นสำหรับน้ำยาต้นฝุ่น ใส่กรองของเครื่องดูดฝุ่นและสิ่งประดิษฐ์ นำมาซักล้างด้วยน้ำที่ผสมผงซักฟอกจนแน่ใจว่าไม่มีสปอร์และเรณูเหลืออยู่ จากนั้นนำน้ำที่ได้ไปหมუნหเวียงและนำตะกอนสปอร์และเรณูที่ได้ไปสกัดด้วยวิธีเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 ขั้นตอนที่ 2.4

5. นับจำนวนชนิดและนับปริมาณเรณูแต่ละชนิดภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (รุ่น BX43 Olympus) ตัวอย่างละอย่างน้อย 500 เม็ด และคำนวณค่าความชุกชุมสัมพัทธ์

6. ทดสอบทางสถิติโดยใช้ค่าไค-สแควร์ (Chi-square) เพื่อเปรียบเทียบค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ที่ได้จากแต่ละวิธีกับตัวอย่างควบคุม

การทดลองที่ 2 ศึกษาการแพร่กระจายและศักยภาพของเรณูของสปอร์และเรณูที่พบในชุมชนเมือง

1. เลือกวิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบและวิธีการสกัดเรณูที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 ในการเก็บสปอร์และเรณูตามสถานที่ต่างๆภายในพื้นที่จังหวัดสงขลา เพื่อศึกษาการแพร่กระจายของสปอร์เรณูในเขตชุมชนเมือง จำนวน 20 บริเวณ แบ่งตามสภาพพื้นผิวประกอบด้วย พื้นผิวเรียบได้แก่ สถานี

รถไฟหาดใหญ่ สถานีขนส่งหาดใหญ่ ศูนย์อาหารโรงช้างภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ ร้านหนังสือชื่อร้านหนังสือเล็กๆ ในตัวเมืองสงขลา ทางเข้าหน้าร้าน Sin Tonic พื้นผิวอิฐทางเดิน ได้แก่ สนามกีฬาจิระนคร แยกเสียงตั้ง ห้างสรรพสินค้า เซนทรัลเฟสติวัล สาขาหาดใหญ่ หน้าห้างสรรพสินค้าโลตัส สาขาหาดใหญ่ ชายหาดชลาทัศน์ สวนสองทะเล พื้นผิวคอนกรีต บริเวณแหล่งที่อยู่อาศัยในเมืองหาดใหญ่ บริเวณหน้าศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และพื้นผิวยางมะตอย ได้แก่ หน้าหอนาฬิกาเทศบาลนครหาดใหญ่ โรงพยาบาลหาดใหญ่ หน้าโรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย หน้าโรงเรียนธิดานุเคราะห์ สวนสองทะเล พระอนุสาวรีย์กรมหลวงชุมพรและ สวนประวัติศาสตร์ พลเอกเปรมติณสูลานนท์ โดยในแต่ละสถานที่จะเลือกใช้วิธีการเก็บตัวอย่างที่ดีที่สุดบนพื้นผิวแต่ละชนิดจากการทดลองที่ 3

2. สกัดสปอร์เรณูตามวิธีที่เหมาะสมในแต่ละพื้นผิวจากการทดลองที่ 1
3. นับจำนวนชนิดและนับปริมาณเรณูแต่ละชนิดภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (รุ่น BX43 Olympus) ตัวอย่างละอย่างน้อย 300 เม็ด และคำนวณค่าความชุกชุมสัมพัทธ์

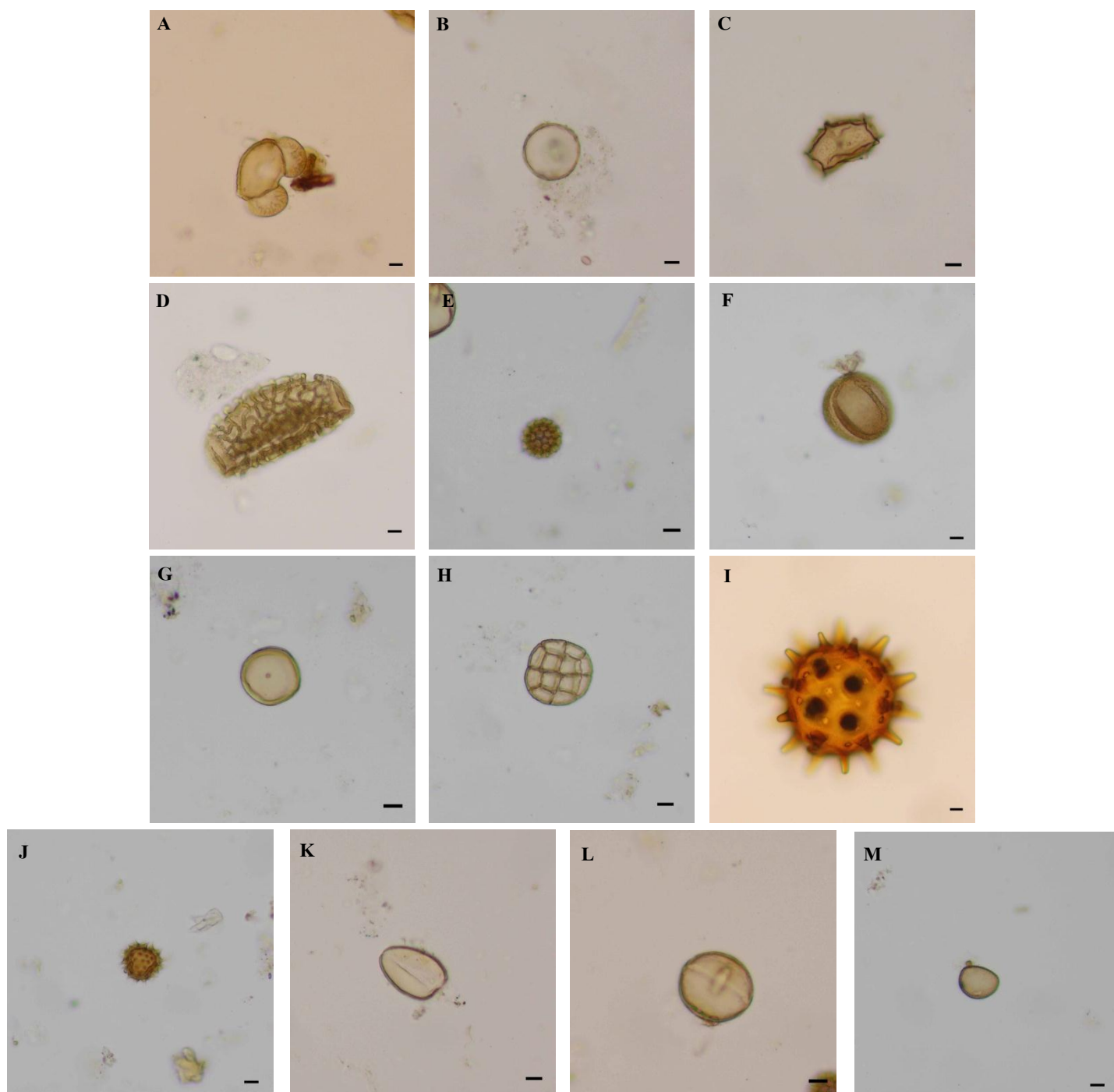
การทดลองที่ 3 การจำลองสถานการณ์

1. การศึกษาศักยภาพของสปอร์และเรณูบนเสื้อผ้าทั้งสามชนิด
 - 1.1 จำลองสถานการณ์โดยนำผ้าฝ้าย ผ้าสแปนเด็กซ์และผ้าเดนิม (ยีนส์) ซึ่งเป็นเนื้อผ้าที่ผู้คนนิยมสวมใส่ในชีวิตประจำวัน ไปสัมผัสกับพื้นผิวในสถานที่จำนวน 4 สถานที่ คือ สถานีรถไฟหาดใหญ่ (ตัวแทนพื้นผิวเรียบ) ทางเดินบริเวณหาดชลาทัศน์ (ตัวแทนพื้นผิวอิฐทางเดิน) บริเวณหน้าศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ตัวแทนพื้นผิวคอนกรีต) และพระอนุสาวรีย์กรมหลวงชุมพร (ตัวแทนพื้นผิวยางมะตอย) โดยการนำผ้าทั้งสามชนิดไปสัมผัสกับพื้นผิวในแต่ละพื้นที่นั้น เป็นการจำลองสถานการณ์ในกรณีที่มีการต่อสู้และเสื้อผ้ามีการสัมผัสกับพื้นผิวของสถานที่เกิดเหตุเพื่อทดสอบว่าพยานหลักฐานทางเรณูวิทยาที่มีอยู่จริง ณ สถานที่นั้นๆสามารถติดบนเสื้อผ้าได้หรือไม่
 - 1.2 นำผ้าที่ได้ไปสกัดโดยใช้น้ำที่ผงซักฟอกพร้อมทั้งขัดด้วยแปรงเพื่อให้สปอร์และเรณูที่ติดอยู่บนเสื้อผ้าหลุดออก นำน้ำที่ได้ไปหมุนเหวี่ยงเพื่อตกตะกอนเรณูที่ความเร็ว 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 8 นาที โดยในขั้นตอนนี้จะทำซ้ำจนไม่พบสปอร์และเรณูบนผ้าอีก
 - 1.3 จากนั้นนำตะกอนที่ได้ไปทำ อะซิโตไลซิสจำนวนชนิด นับปริมาณสปอร์และเรณูจากตัวอย่างเปรียบเทียบกับสถานที่ต่างๆและตัวอย่างสปอร์และเรณูที่ได้จากผ้าแต่ละชนิด ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (รุ่น BX43 Olympus) ตัวอย่างละอย่างน้อย 300 เม็ด หรือนับให้ได้จำนวนมากที่สุดในการนับที่ไม่สามารถนับถึงจำนวนดังกล่าวได้ และทำการคำนวณค่าความชุกชุมสัมพัทธ์
 - 1.4 เปรียบเทียบกับค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ที่ได้ในการทดลองที่ 2
2. การศึกษาศักยภาพของสปอร์และเรณูบนเสื้อผ้าภายหลังการซักล้าง
 - 2.1 เพื่อให้สามารถกำหนดจำนวนสปอร์และเรณูมีปริมาณใกล้เคียงกันในแต่ละการทดลอง จึงทำการเก็บสปอร์และเรณูจากพืช 9 ชนิด ประกอบด้วย สนสามใบ (*Pinus merkusii* Jungh. & de

Vriese) ชบา (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) ลำพูทะเล (*Sonneratia alba* Sm.) อินทนิลน้ำ (*Lagerstroemia speciosa* (L.) Pers.) กระจับปี่ (*Wedelia trilobata* (L.) Hitchc.) หญ้า ขจรจบดอกเหลือง (*Pennisetum setosum* (Sw.) Rich.) กกอียิปต์ (*Cyperus papyrus* L.) โปรง ทะเล (*Acrostichum aureum* L.) และจามจุรี (*Albizia saman* (Jacq.) Merr.) ใส่ลงในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่นปริมาตร 240 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน และใช้ตะแกรงกรองให้เหลือแค่สารละลายเพื่อนำมาทำการทดลองในขั้นตอนไป

2.2 นำน้ำที่มีส่วนผสมของสปอร์และเรณูปริมาตร 5 มิลลิลิตร ป้ายลงบนพื้นที่ 10x10 ตาราง เซนติเมตร จำนวน 2 บริเวณ บนเสื้อหรือกางเกงที่ทำจากผ้า 3 ชนิด คือ ผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเตอร์ และผ้าเดนิม จำนวนรวม 28 ตัว ทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้นนำไปซักด้วยวิธีที่แตกต่างกัน คือ จุ่มน้ำ จุ่ม น้ำที่ผสมผงซักฟอก ซักโดยใช้มือด้วยน้ำเปล่า ซักโดยใช้มือด้วยน้ำที่ผสมผงซักฟอก ซักโดยใช้ เครื่องซักผ้าด้วยน้ำเปล่าและซักโดยใช้เครื่องซักผ้าด้วยน้ำที่ผสมผงซักฟอก โดยการซักแบบจุ่มน้ำ และจุ่มน้ำที่ผสมผงซักฟอกนั้น จะจุ่มเสื้อผ้าในน้ำจำนวน 10 ครั้ง การซักมือจะขยี้เสื้อผ้าบริเวณที่มี สปอร์และเรณูบริเวณละ 30 ครั้ง การซักโดยใช้เครื่องซักผ้าจะใช้ความแรงในการซักระดับปาน กลางเป็นเวลา 5 นาที ปริมาณผงซักฟอกที่ใช้คือ 35 กรัม ในทุกการทดลอง และใช้น้ำประปา จำนวน 4 ลิตร สำหรับการซักด้วยการจุ่มน้ำ และใช้น้ำประปา 50 ลิตร สำหรับการซักโดยใช้มือ และการซักโดยใช้เครื่องซักผ้า จากนั้นนำเสื้อผ้าที่ผ่านการซักและเสื้อผ้าที่ไม่ผ่านการซักล้าง (ตัวอย่างควบคุม) ไปแช่ในน้ำประปาพร้อมทั้งขัดด้วยแปรงอีกครั้งเพื่อให้สปอร์และเรณูหลุดออก จากเนื้อผ้า นำน้ำที่ได้ไปหมุนเหวี่ยงเพื่อตกตะกอนเรณูที่ความเร็ว 6000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 8 นาที จากนั้นจำแนกชนิดและนับปริมาณของสปอร์และเรณูแต่ละชนิดภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบ ใช้แสง (รุ่น BX43 Olympus) ตัวอย่างละอย่างน้อย 300 เม็ด หรือนับให้ได้จำนวนมากที่สุดใน กรณีที่ไม่สามารถนับถึงจำนวนดังกล่าวได้ และทำการคำนวณค่าความชุกชุมสัมพัทธ์

2.3 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจำนวนสปอร์และเรณูที่ได้ระหว่างชนิดผ้า และระหว่างวิธีการ ซัก โดยใช้ Kruskal-wallis test ด้วยโปรแกรม SPSS



ภาพที่ 8 แสดงลักษณะสัณฐานวิทยาของสปอร์และเรณู; (A) *Pinus merkusii*; (B) *Pennisetum setosum*; (C) *Asplenium nidus*; (D) *Crinum asiaticum*; (E) *Gomphrena globosa*; (F) *Nelumbo nucifera*; (G) *Nymphaea lotus*; (H) *Acacia auriculiformis*; (I) *Hibiscus rosa-sinensis*; (J) *Wedelia trilobata*; (K) *Ptychosperma macarthurii*; (L) *Murraya paniculata*; (M) *Typha angustifolia* (สเกลมีขนาดเท่ากับ 10 ไมโครเมตร)

ตารางที่ 2 สัณฐานวิทยาของสปอร์และเรณูทั้ง 13 ชนิด (Phuphumirat, 2008; Phuphumirat, 2014)

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	Unit	Shape	Outline in polar view	Outline in equatorial view	Apertural condition	Ornamentation
<i>Pinus merkusii</i>	สนสามใบ	Monad	oblate, saccate	elliptic	elliptic	leptoma	perforate, rugulate, microverrucate
<i>Pennisetum setosum</i>	หญ้าขจรจบดอกเหลือง	Monad	spheroidal	circular	circular	ulcerate	areolate, verrucate, microechinate
<i>Asplenium nidus</i>	ข้าหลวงหลังลาย	Monad	oblate	elliptic	elliptic	monolete	cristate, granulate
<i>Crinum asiaticum</i>	พลับพลึง	Monad	prolate	elliptic	elliptic	sulcate	reticulate
<i>Gomphrena globosa</i>	บานไม่รู้โรย	Monad	spheroidal	circular	circular	pantoporate	lophate, microechinate
<i>Nelumbo nucifera</i>	บัวหลวง	Monad	spheroidal	circular	circular	3-colporate	verrucate
<i>Nymphaea lotus</i>	บัวสาย	Monad	spheroidal	circular	circular	Ring-like shape	Verucate, psilate
<i>Acacia auriculiformis</i>	กระถินณรงค์	Musula	-	-	-	-	psilate
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	ชบา	Monad	spheroidal	circular	circular	pantoporate	echinate
<i>Wedelia trilobata</i>	กระดุมทองเลื้อย	Monad	subspheroidal	circular	circular	3-colporate	echinate
<i>Ptychosperma macarthurii</i>	หมากเขี่ยว	Monad	oblate	Heart-shape	elliptic	sulcate	perforate, reticulate
<i>Murraya paniculata</i>	แก้ว	Monad	spheroidal	lobate	circular	3-colporate	striate
<i>Typha angustifolia</i>	รูปถ่ายซี	Monad	spheroidal	circular	circular	ulcerate	reticulate

บทที่ 3

ผลการศึกษา

1. การหาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการละลายกาวบนเทปกาว

จากการทดลองเพื่อหาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการละลายกาวบนเทปกาวทั้งสามชนิด ได้แก่ เทปกาวใส (Scotch® Transparent Tape 500) เทปกาวพันสายไฟ (Scotch® 3M 1710 Vinyl Electrical Tape) และลูกกลิ้งทำความสะอาด (Scotch® Lint Roller) โดยใช้ตัวทำละลายสี่ชนิดประกอบด้วย เอทิลอะซิเตต ไดมethylฟอร์มาร์ไมด์ น้ำยาเชื่อมอะคริลิกไร้คราบ และ สเปรย์ขจัดคราบกาว พบว่าค่าไค-สแควร์ (Chi-square) ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูจากตัวอย่างเปรียบเทียบกับค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่ได้จากเทปกาวใส เทปกาวพันสายไฟ และลูกกลิ้งทำความสะอาด ภายหลังการใช้ตัวทำละลาย เอทิลอะซิเตต ไดมethylฟอร์มาร์ไมด์และน้ำยาเชื่อมอะคริลิกไร้คราบ เพื่อสกัดสปอร์และเรณู มีจำนวนน้อยกว่า 21.03 ที่ $df = 12$ ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งหมายความว่าค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูจากตัวอย่างเปรียบเทียบและค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่ได้จากเทปกาวซึ่งสกัดโดยใช้ตัวทำละลายดังกล่าวข้างต้นมีค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งแตกต่างจากการใช้สเปรย์ขจัดคราบกาวเป็นตัวละลาย ที่พบว่ามีค่าไค-สแควร์น้อยกว่า 21.03 ที่ $df = 12$ ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากตัวอย่างเรณูที่ได้จากลูกกลิ้งทำความสะอาดเท่านั้น ดังนั้นจึงเลือกใช้ ไดมethylฟอร์มาร์ไมด์ เป็นตัวทำละลายเพื่อนำไปใช้สอบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบที่เหมาะสมบนแต่ละพื้นผิวซึ่งเหตุผลที่เลือกใช้ตัวทำละลายดังกล่าวจะอภิปรายในบทถัดไป (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยเรณู (\pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และค่าไค-สแควร์ของสปอร์และเรณูที่ได้มาจากการเปรียบเทียบค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูจากตัวอย่างเปรียบเทียบกับค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่ได้จากเทปกาวทั้งสามชนิดภายหลังการใช้ตัวทำลายที่แตกต่างกัน (3 ซ้ำ) $df= 12$ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ชื่อวิทยาศาสตร์	ตัวอย่างเปรียบเทียบ	เทปกาวใส				เทปกาวพันสายไฟ				ลูกกลิ้งทำความสะอาด			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
<i>Pinus merkusii</i>	12.69 \pm 3.06	12.36 \pm 1.20	14.98 \pm 2.55	13.29 \pm 1.30	-	13.75 \pm 0.96	13.31 \pm 0.66	16.17 \pm 3.19	-	13.67 \pm 2.79	12.53 \pm 2.28	12.34 \pm 3.58	13.08 \pm 3.07
<i>Pennisetum setosum</i>	8.49 \pm 11.00	3.55 \pm 1.21	7.92 \pm 1.64	7.80 \pm 1.92	-	4.21 \pm 0.92	4.68 \pm 0.41	4.12 \pm 1.09	-	4.29 \pm 0.36	5.28 \pm 0.62	4.38 \pm 1.09	3.15 \pm 0.57
<i>Asplenium nidus</i>	6.66 \pm 1.17	4.30 \pm 1.27	6.31 \pm 1.66	3.83 \pm 0.55	-	4.49 \pm 0.46	10.26 \pm 1.98	3.71 \pm 1.65	-	4.19 \pm 0.71	9.46 \pm 2.89	3.28 \pm 1.47	2.04 \pm 0.70
<i>Crinum asiaticum</i>	2.65 \pm 0.92	1.60 \pm 0.25	2.10 \pm 0.70	2.54 \pm 1.25	-	2.53 \pm 0.73	1.70 \pm 0.63	2.48 \pm 0.88	-	2.62 \pm 0.59	3.22 \pm 1.74	2.34 \pm 0.61	2.23 \pm 1.38
<i>Gomphrena globosa</i>	6.56 \pm 0.74	7.50 \pm 1.88	8.90 \pm 2.37	7.61 \pm 2.48	-	7.52 \pm 1.15	6.61 \pm 0.93	8.76 \pm 1.99	-	6.27 \pm 0.92	6.77 \pm 0.36	8.25 \pm 2.22	10.24 \pm 1.70
<i>Nelumbo nucifera</i>	4.06 \pm 0.66	2.74 \pm 0.47	3.80 \pm 2.05	2.91 \pm 0.19	-	3.21 \pm 1.09	2.54 \pm 0.55	3.67 \pm 0.81	-	3.30 \pm 0.89	2.55 \pm 0.65	2.57 \pm 0.81	3.15 \pm 1.30
<i>Nymphaea lotus</i>	12.70 \pm 1.57	16.87 \pm 1.57	8.27 \pm 1.84	20.22 \pm 1.35	-	17.57 \pm 0.36	13.16 \pm 2.35	16.31 \pm 2.66	-	18.89 \pm 1.20	12.58 \pm 3.02	22.53 \pm 0.81	18.07 \pm 1.98
<i>Acacia auriculiformis</i>	6.46 \pm 1.30	5.89 \pm 1.29	6.69 \pm 1.77	5.44 \pm 0.64	-	5.50 \pm 0.31	8.33 \pm 1.99	5.82 \pm 0.39	-	5.82 \pm 0.92	8.80 \pm 2.49	4.95 \pm 1.32	6.84 \pm 2.14
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	1.15 \pm 0.53	2.00 \pm 1.31	1.67 \pm 1.26	1.81 \pm 1.16	-	0.93 \pm 0.79	1.71 \pm 1.15	1.44 \pm 0.24	-	1.38 \pm 1.71	1.38 \pm 0.73	0.90 \pm 0.78	2.16 \pm 1.18
<i>Wedelia trilobata</i>	6.37 \pm 0.91	3.08 \pm 0.79	4.52 \pm 1.13	2.90 \pm 1.16	-	3.61 \pm 0.35	4.83 \pm 0.87	4.32 \pm 1.21	-	3.90 \pm 1.72	5.17 \pm 1.39	4.11 \pm 0.51	6.84 \pm 1.58
<i>Ptychosperma macarthurii</i>	20.42 \pm 2.44	27.35 \pm 1.40	24.33 \pm 0.43	21.76 \pm 2.04	-	24.96 \pm 0.52	22.82 \pm 1.87	21.44 \pm 2.81	-	24.93 \pm 0.59	22.74 \pm 4.65	22.64 \pm 4.13	21.94 \pm 1.63
<i>Murraya paniculata</i>	5.05 \pm 1.61	5.75 \pm 0.91	4.90 \pm 0.16	3.35 \pm 1.32	-	6.01 \pm 0.32	4.29 \pm 1.40	5.36 \pm 0.42	-	4.98 \pm 0.73	3.10 \pm 1.72	5.30 \pm 1.48	3.81 \pm 0.99
<i>Typha angustifolia</i>	6.75 \pm 1.45	7.01 \pm 1.15	5.60 \pm 2.11	6.54 \pm 0.23	-	5.70 \pm 0.88	5.75 \pm 0.59	6.40 \pm 2.07	-	5.75 \pm 1.16	6.42 \pm 1.40	6.41 \pm 1.10	6.45 \pm 3.00
ค่าไค-สแควร์	0.00	10.32	4.94	9.53	nd	8.44	5.44	7.37	nd	9.11	5.18	12.34	12.55

A= เอทิลอะซิเตต; B= ไดเมทิลฟอร์มาร์ไมด์; C= น้ำยาเชื่อมอะคริลิกไร้คราบ; D= สเปรย์ขจัดคราบ; - = ไม่สามารถตรวจวัดได้; nd=ไม่มีข้อมูล

2. การสอบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบที่เหมาะสมบนแต่ละพื้นผิว

การศึกษาวิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบที่เหมาะสมบนพื้นผิวสี่ชนิด ได้แก่ พื้นผิวเรียบ พื้นผิวอิฐ ทางเดิน พื้นผิวคอนกรีตและพื้นผิวยางมะตอยโดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 8 วิธี ได้แก่ การใช้เทปกาวใส เทปกาวพันสายไฟ ลูกกลิ้งทำความสะอาด ที่สกัดโดยใช้ ไดเมทิลฟอรัมไรด์ เป็นตัวทำละลาย การใช้ผ้าเช็ด เก็บฝุ่น การใช้ไม้พ่นสาส์จุ่มน้ำ การใช้ไม้พ่นสาส์จุ่มน้ำยาต้านฝุ่น รวมทั้งการใช้เครื่องดูดฝุ่นและสิ่งประดิษฐ์ พบว่าในแต่ละพื้นผิวจะมีวิธีการที่ดีที่สุดแตกต่างกัน โดย เมื่อพิจารณาค่าไค-สแควร์ ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า ความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูจากตัวอย่างเปรียบเทียบกับค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และ เรณูร่วมกับปริมาณสปอร์และเรณูที่ได้จากวิธีการเก็บตัวอย่างทั้ง 8 วิธี พบว่า

สำหรับพื้นผิวเรียบ การเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูที่ปริมาตร 5 มิลลิลิตร โดยใช้วิธี การใช้เทปกาวใส เทปกาวพันสายไฟ ลูกกลิ้งทำความสะอาด ผ้าเช็ดเก็บฝุ่น การใช้ไม้พ่นสาส์จุ่มน้ำ การใช้ไม้พ่นสาส์จุ่มน้ำยาต้าน ฝุ่น รวมทั้งการใช้เครื่องดูดฝุ่นและสิ่งประดิษฐ์ การเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูที่ปริมาตร 20 ไมโครลิตร โดย การใช้ไม้พ่นสาส์จุ่มน้ำ การใช้ไม้พ่นสาส์จุ่มน้ำยาต้านฝุ่น รวมทั้งการเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูที่ปริมาตร 2 ไมโครลิตร โดยใช้ ผ้าเช็ดเก็บฝุ่น ไม้พ่นสาส์จุ่มน้ำและการใช้ไม้พ่นสาส์จุ่มน้ำยาต้านฝุ่น มีค่าไค-สแควร์น้อยกว่า 21.03 ที่ $df=12$ ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งหมายความว่าค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูจากตัวอย่าง เปรียบเทียบและค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ที่ได้จากวิธีการเก็บตัวอย่างดังกล่าวข้างต้นมีค่าไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4) สำหรับจำนวนรวมของเรณูที่สามารถตรวจเก็บได้ในแต่ละวิธีพบว่า ในการเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูที่ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร จะสามารถเก็บเรณูได้เกิน 500 เม็ดทุกวิธี ในขณะที่ที่ปริมาตร 20 และ 2 ไมโครลิตร สามารถเก็บเรณูได้เป็นจำนวนระหว่าง 34 (เทปกาวพันสายไฟ) – 502 (ผ้าเช็ดเก็บฝุ่น) เม็ด และ 6 (ลูกกลิ้งทำ ความสะอาด) – 110 (ไม้พ่นสาส์จุ่มน้ำ) เม็ด ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

พื้นผิวอิฐทางเดิน การเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูที่ปริมาตร 5 มิลลิลิตร โดยใช้ลูกกลิ้งทำความสะอาด ผ้าเช็ดเก็บฝุ่น การใช้ไม้พ่นสาส์จุ่มน้ำ และการใช้ไม้พ่นสาส์จุ่มน้ำยาต้านฝุ่น รวมทั้งการเก็บตัวอย่างสปอร์และ เรณูที่ปริมาตร 20 และ 2 ไมโครลิตร โดยการใช้ไม้พ่นสาส์จุ่มน้ำและการใช้ไม้พ่นสาส์จุ่มน้ำยาต้านฝุ่น มีค่าไค- สแควร์น้อยกว่า 21.03 ที่ $df=12$ ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งหมายความว่าค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และ เรณูจากตัวอย่างเปรียบเทียบและค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ที่ได้จากวิธีการเก็บตัวอย่างดังกล่าวข้างต้นมีค่าไม่ แตกต่างกัน (ตารางที่ 4) สำหรับจำนวนรวมของเรณูที่สามารถตรวจเก็บได้ในแต่ละวิธีพบว่า ในการเก็บตัวอย่าง สปอร์และเรณูที่ปริมาตร 5 มิลลิลิตร จะสามารถเก็บเรณูได้เกิน 500 เม็ดทุกวิธีในขณะที่ที่ปริมาตร 20 และ 2 ไมโครลิตร สามารถเก็บเรณูได้เป็นจำนวนระหว่าง 4 (เทปกาวพันสายไฟ) – 227 (สิ่งประดิษฐ์) เม็ด และ 1 (เทปกาวพันสายไฟและลูกกลิ้งทำความสะอาด) – 94 (ไม้พ่นสาส์จุ่มน้ำ) เม็ด ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

พื้นผิวคอนกรีต การเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูที่ปริมาตร 5 มิลลิลิตร โดยใช้เทปกาวใส ลูกกลิ้งทำ ความสะอาด ผ้าเช็ดเก็บฝุ่น การใช้ไม้พ่นสาส์จุ่มน้ำ การใช้ไม้พ่นสาส์จุ่มน้ำยาต้านฝุ่นและการใช้เครื่องดูดฝุ่น รวมทั้งการเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูที่ปริมาตร 20 และ 2 ไมโครลิตร โดยการใช้เครื่องดูดฝุ่น มีค่าไค-สแควร์

น้อยกว่า 21.03 ที่ $df=12$ ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งหมายความว่าค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูจากตัวอย่างเปรียบเทียบและค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ที่ได้จากวิธีการเก็บตัวอย่างดังกล่าวข้างต้นมีค่าไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4) สำหรับจำนวนรวมของเรณูที่สามารถตรวจเก็บได้ในแต่ละวิธีพบว่า ในการเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูที่ปริมาตร 5 มิลลิลิตร จะสามารถเก็บเรณูได้เกิน 500 เม็ดทุกวิธี ในขณะที่ที่ปริมาตร 20 และ 2 ไมโครลิตร สามารถเก็บเรณูได้เป็นจำนวนระหว่าง 1 (เทพกวาวพันสายไฟ) – 145 (เครื่องดูดฝุ่น) เม็ด และ 1 (เทพกวาวใส) – 81 (เครื่องดูดฝุ่น) เม็ด ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

พื้นผิวยางมะตอย การเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูที่ปริมาตร 5 มิลลิลิตร โดยใช้เทพกวาวใส เทปกาวพันสายไฟ ผ้าเช็ดเก็บฝุ่น การใช้ไม้พันสำลีจุ่มน้ำและการใช้ไม้พันสำลีจุ่มน้ำยาดันฝุ่น มีค่าไค-สแควร์น้อยกว่า 21.03 ที่ $df=12$ ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งหมายความว่าค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูจากตัวอย่างเปรียบเทียบและค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ที่ได้จากวิธีการเก็บตัวอย่างดังกล่าวข้างต้นมีค่าไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4) แต่การเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูที่ปริมาตร 20 และ 2 ไมโครลิตร โดยใช้วิธีการทั้งหมด 8 วิธี มีค่าไค-สแควร์มากกว่า 21.03 ที่ $df=12$ ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งหมายความว่าค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูจากตัวอย่างเปรียบเทียบและค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ที่ได้จากวิธีการเก็บตัวอย่างดังกล่าวข้างต้นมีความแตกต่างกัน สำหรับจำนวนรวมของเรณูที่สามารถตรวจเก็บได้ในแต่ละวิธีพบว่า ในการเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูที่ปริมาตร 5 มิลลิลิตร จะสามารถเก็บเรณูได้เกิน 500 เม็ดทุกวิธี ในขณะที่ที่ปริมาตร 20 และ 2 ไมโครลิตร สามารถเก็บเรณูได้เป็นจำนวนระหว่าง 1 (ลูกกลิ้งทำความสะอาด) – 87 (ไม้พันสำลีจุ่มน้ำ) เม็ด และ 1 (เทพกวาวใส ลูกกลิ้งทำความสะอาดและเทพกวาวพันสายไฟ) – 19 (เครื่องดูดฝุ่น) เม็ด ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 แสดงจำนวนและค่าไค-สแควร์ของสปอร์และเรณูที่ได้จากพื้นเรียบ อิฐทางเดิน คอนกรีตและยางมะตอยภายหลังการเก็บตัวอย่างโดยใช้วิธีที่แตกต่างกัน (5 ซ้ำ)
 $df = 12$ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

พื้นผิวเรียบ	วิธีการเก็บตัวอย่าง	ปริมาตร	ค่าไค-สแควร์	จำนวน(เมตร)	พื้นผิวอิฐทางเดิน	ค่าไค-สแควร์	จำนวน(เมตร)	พื้นผิวคอนกรีต	ค่าไค-สแควร์	จำนวน(เมตร)	พื้นผิวยางมะตอย	ค่าไค-สแควร์	จำนวน(เมตร)
พื้นผิวเรียบ	เทปกาวใส	5 มิลลิลิตร	10.51	มากเกินพอ	พื้นผิวอิฐทางเดิน	21.31	มากเกินพอ	พื้นผิวคอนกรีต	12.86	มากเกินพอ	พื้นผิวยางมะตอย	8.85	มากเกินพอ
	ลูกกลิ้งทำความสะอาด		8.64			17.59			16.01			55.64	
	เทปกาวพันสายไฟ		12.24			54.71			21.37			17.72	
	ผ้าเช็ดเก็บฝุ่น		10.69			16.30			15.91			20.81	
	ไม้พั่นสำหรับน้ำ		6.13			17.79			16.57			13.47	
	ไม้พั่นสำหรับน้ำยาต้านฝุ่น		7.743			15.52			10.62			9.75	
	เครื่องดูดฝุ่น		11.71			83.27			19.26			38.28	
	สิ่งประดิษฐ์		12.71			120.00			41.18			305.86	
	เทปกาวใส	20 ไมโครลิตร	38.02	61		173.45	13		65.97	5.8		225.44	4
	ลูกกลิ้งทำความสะอาด		309.92	49		385.24	10		366.02	3		475.29	1
	เทปกาวพันสายไฟ		116.13	34		619.34	4.6		189.39	1		106.04	6
	ผ้าเช็ดเก็บฝุ่น		25.64	502		32.09	164		29.62	98		40.21	49
	ไม้พั่นสำหรับน้ำ		14.68	488		15.95	201		50.42	60		29.61	87
	ไม้พั่นสำหรับน้ำยาต้านฝุ่น		16.41	442		13.92	170		53.10	71		267.19	68
	เครื่องดูดฝุ่น		29.19	43		72.38	20		20.34	145		334.6	85
	สิ่งประดิษฐ์		34.61	145		50.99	227		89.82	28		301.00	31
	เทปกาวใส	2 ไมโครลิตร	32.97	24		142.61	2		101.53	1		598.51	1
	ลูกกลิ้งทำความสะอาด		270.9	6		62.18	1		246.76	2		108.12	1
	เทปกาวพันสายไฟ		167.48	7		504.05	1		136.94	17		125.79	1
ผ้าเช็ดเก็บฝุ่น	14.54		62	58.68	20	71.75	18	66.15	8				
ไม้พั่นสำหรับน้ำ	7.83		110	9.45	94	107.22	6	252.83	4				
ไม้พั่นสำหรับน้ำยาต้านฝุ่น	2.94		57	14.44	54	97.54	4	73.56	9				
เครื่องดูดฝุ่น	29.36		43	73.74	18	16.32	81	213.30	19				
สิ่งประดิษฐ์	38.01		8.4	45.94	75	109.13	13	1438.24	14				

3. การแพร่กระจายและศักยภาพของเรณูของสปอร์และเรณูที่พบในชุมชนเมือง

การศึกษาการแพร่กระจายของสปอร์และเรณูจากสถานที่ต่างๆในชุมชนเมืองจำนวน 20 บริเวณพบว่าปริมาณและค่าความซุกซุ่มสัมพันธ์ของสปอร์และเรณูจะมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ดังนี้

บริเวณสถานีรถไฟหาดใหญ่ พบสปอร์และเรณูทั้งหมด 23 ชนิด จำนวน 526 เม็ด ประกอบด้วย Moraceae (45.48%) *Casuarina* sp.(4.33%) Poaceae (15.97%) *Ixora* sp. (5.89%) Pollen indet 1 (4.94%) *Stenochlaena* sp. (4.37%) Cyperaceae indet 1 (3.80%) Asteraceae (2.28%) Fagaceae (1.90%) *Lagerstroemia* sp. (1.90%) Pollen indet 2 (1.71%) และ Cyperaceae indet 2 (1.14%) นอกจากนี้พบว่ามีสปอร์และเรณูของพืชอีกหลายชนิดที่สามารถตรวจพบได้น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์จากพื้นที่บริเวณนี้ ได้แก่ *Acacia* sp. *Alnus* sp. *Cassia* sp. *Elaeis* sp. *Hevea* sp. Rubiaceae Pollen indet 3 Pollen indet 4 Pollen indet 5 Pollen indet 6 และ Pollen indet 7 (ภาพที่ 9, 13K, 11C, 14D, 12K, 15F, 14K, 11G, 10H, 12E, 13A, 15G, 11H, 10A, 10D, 11B, 11K, 12H, 14H, 15H, 15I, 15J, 15K และ 15L ตามลำดับ)

สถานีขนส่งผู้โดยสารหาดใหญ่ พบสปอร์และเรณู 35 ชนิด จำนวนทั้งหมด 291 เม็ด ประกอบด้วย Moraceae (49.83%) Poaceae (10.31%) *Lagerstroemia* sp. (6.53%) Pollen indet 8 (5.84%) *Casuarina* sp. (4.47%) Asteraceae (2.06%) *Davallia* sp. (1.72%) Dipterocarpaceae (1.72%) *Lycopodium* sp. (1.72%) Pollen indet 9 (1.72%) Cyperaceae indet 1 (1.37%) *Typha* sp. (1.37%) *Terminalia* sp. (1.03%) Monoete spore indet 2 (1.03%) Pollen indet 10 (1.03%) นอกจากนี้พบว่ามีสปอร์และเรณูของพืชอีกหลายชนิดที่สามารถตรวจพบได้น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์จากพื้นที่บริเวณนี้ ได้แก่ Arecaceae *Begonia* sp. Elaeocarpaceae *Mimosa* sp. Monoete spore indet 1 *Rhizophora* sp. Pollen indet 11 Pollen indet 12 Pollen indet 13 Pollen indet 14 Pollen indet 15 Pollen indet 16 Pollen indet 17 Pollen indet 18 Pollen indet 19 Pollen indet 20 Pollen indet 21 Pollen indet 22 และ Pollen indet 23 (ภาพที่ 9, 13K, 14D, 13A, 16A, 11C, 10H, 11I, 11J, 13D, 16B, 11G, 15D, 14L, 13J, 16C, 10F, 10K, 11L, 13G, 13I, 14G, 16D, 16E, 16F, 16G, 16H, 16I, 16J, 16K, 16L, 17A, 17B, 17C และ 17D ตามลำดับ)

ศูนย์อาหารโรงช้างภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พบสปอร์และเรณู 16 ชนิด จำนวนทั้งหมด 102 เม็ด ประกอบด้วย *Acacia* sp. (50.98%) Poaceae (10.78%) *Lagerstroemia* sp. (7.84%) Cyperaceae indet 1 (5.88%) *Elaeis* sp. (5.88%) Pollen indet 24 (5.88%) Asteraceae (2.94%) Moraceae (1.96%) นอกจากนี้พบว่ามีสปอร์และเรณูของพืชอีกหลายชนิดที่สามารถตรวจพบได้น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์จากพื้นที่บริเวณนี้ ได้แก่ Arecaceae *Gomphrena* sp. *Terminalia* sp. *Rhizophora* sp. Pollen indet 25 Pollen Indet 26 Pollen indet 27 และ Trilete spore indet 1 (ภาพที่ 9, 10A, 14D, 13A, 11G, 11K, 16E, 10H, 13K, 10F, 12G, 14L, 14G, 17F, 17G และ 17H ตามลำดับ)

โรงพยาบาลสงขลานครินทร์พบสปอร์และเรณู 13 ชนิด จำนวน 303 เม็ด ประกอบด้วย *Crinum* sp. (87.12%) Poaceae (2.31%) *Jancaranda* sp. (1.65%) *Asplenium* sp. (1.32%) Asteraceae (1.32%) Cyperaceae indet 1 (1.32%) Pollen indet 28 (1.32%) *Lagerstroemia* sp. (1.32%) นอกจากนี้พบว่า มีสปอร์และเรณูของพืชอีกหลายชนิดที่สามารถตรวจพบได้น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์จากพื้นที่บริเวณนี้ ได้แก่ Arecaceae Cyperaceae indet 2 *Quercus* sp. และ Trilete spore indet 2 (ภาพที่ 9, 11F, 14D, 12L, 10G, 10H, 11G, 11I, 17I, 13A, 10F, 11H, 14F และ 15B ตามลำดับ)

ร้านหนังสือ ชื่อร้านหนังสือเล็กๆ ในตัวเมืองสงขลา พบสปอร์และเรณู 20 ชนิด จำนวน 318 เม็ด ประกอบด้วย Pollen indet 29 (39.31%) *Lagerstroemia* sp. (27.36%) Pollen indet 30 (8.81%) *Casuarina* sp. (6.60%) Poaceae (5.35%) Asteraceae (3.77%) *Terminalia* sp. (2.20%) *Mimosa* sp. (1.57%) นอกจากนี้พบว่า มีสปอร์และเรณูของพืชอีกหลายชนิดที่สามารถตรวจพบได้น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์จากพื้นที่บริเวณนี้ ได้แก่ Acanthaceae *Asplenium* sp. Cyperaceae indet 1 *Davalia* sp. *Typha* sp. *Xylocarpus* sp. Pollen indet 23 Pollen indet 32 Pollen indet 33 Pollen Indet 34 และ Pollen indet 44 (ภาพที่ 9, 17J, 13A, 17K, 11C, 14D, 10H, 14L, 13G, 10B, 10G, 11G, 11I, 15D, 15E, 17D, 18A, 18B, 18C และ 19A ตามลำดับ)

บริเวณทางเข้าหน้าร้านอาหาร Sin Tonic พบสปอร์และเรณู 17 ชนิด จำนวน 305 เม็ด ประกอบด้วย *Sonneratia alba* (21.64%) *Ixora* sp. (17.38%) *Rhizophora* sp. (16.39%) *Caesalpinia* sp. (14.75%) Moraceae (7.21%) Poaceae (6.22%) Asteraceae (3.61%) *Stenochlaena* sp. (3.28%) Cyperaceae indet 1 (1.64%) *Mimusops* sp. (1.31%) *Typha* sp. (1.31%) นอกจากนี้พบว่า มีสปอร์และเรณูของพืชอีกหลายชนิดที่สามารถตรวจพบได้น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์จากพื้นที่บริเวณนี้ ได้แก่ *Acacia* sp. *Asplenium* sp. *Gomphrena* sp. *Terminalia* sp. Pollen indet 35 และ Pollen indet 36 (ภาพที่ 9, 14J, 12K, 14G, 11A, 13K, 14D, 10H, 14K, 11G, 13H, 15D, 10A, 10G, 12G, 14L, 18D และ 18E ตามลำดับ)

บริเวณสนามกีฬาจระเข้ พบสปอร์และเรณู 14 ชนิด จำนวน 307 เม็ด ประกอบด้วย *Mimusops* sp. (61.56%) *Lagerstroemia* sp. (25.41%) Poaceae (4.56%) Moraceae (1.95%) Loranthaceae (1.30%) *Stenochlaena* sp. (1.30%) นอกจากนี้พบว่า มีสปอร์และเรณูของพืชอีกหลายชนิดที่สามารถตรวจพบได้น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์จากพื้นที่บริเวณนี้ ได้แก่ *Acacia* sp. *Asplenium* sp. *Bougainvillea* sp. *Casuarina* sp. Dipterocarpaceae *Terminalia* sp. Pollen indet 37 และ Trilete spore indet 1 (ภาพที่ 9, 13H, 13A, 14D, 13K, 13C, 14K, 10A, 10G, 10L, 11C, 11J, 14L, 18F และ 15A ตามลำดับ)

บริเวณแยกเสด็จ พบสปอร์และเรณู 15 ชนิด จำนวนทั้งหมด 210 เม็ด ประกอบด้วย *Caesalpinia* sp. (40.48%) Pollen indet 38 (12.38%) *Lagerstroemia* sp. (11.90%) *Cassia* sp. (10.00%) Poaceae (9.05%) Pollen indet 39 (3.33%) *Mimosa* sp. (2.38%) Moraceae (2.38%)

Anacardiaceae (1.90%) *Terminalia* sp. (1.90%) Trilete spore indet 2 (1.43%) นอกจากนี้พบว่ามีสปอร์และเรณูของพืชอีกหลายชนิดที่สามารถตรวจพบได้น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์จากพื้นที่บริเวณนี้ ได้แก่ *Acacia* sp. *Asplenium* sp. Cyperaceae indet 1 และ *Stenochlaena* sp. (ภาพที่ 9, 11A, 18G, 13A, 11B, 14D, 18H, 13G, 13K, 10E, 14E, 15B, 10A, 10G, 11G และ 14K ตามลำดับ)

บริเวณทางสรรพสินค้า เซนทรัลเฟสติวัล สาขาหาดใหญ่ พบสปอร์และเรณู 14 ชนิด จำนวนทั้งหมด 282 เม็ด ประกอบด้วย Moraceae (40.78%) Poaceae (18.79%) Pollen indet 40 (9.22%) *Ixora* sp. (6.74%) Asteraceae (6.03%) Pollen indet 41 (4.60%) Anacardiaceae (4.26%) Arecaceae (2.13%) *Elaeis* sp. (1.77%) Fabaceae indet 1 (1.77%) *Gomphrena* sp. (1.77%) *Casuarina* sp. (1.06%) นอกจากนี้พบว่ามีสปอร์และเรณูของพืชอีกหลายชนิดที่สามารถตรวจพบได้น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์จากพื้นที่บริเวณนี้ ได้แก่ *Hevea* sp. และ Pollen indet 35 (ภาพที่ 9, 13K, 14D, 18I, 12K, 10H, 18J, 10E, 10F, 11K, 12C, 12G, 11C, 12H และ 18D ตามลำดับ)

บริเวณหน้าทางสรรพสินค้าโลตัส สาขาหาดใหญ่ พบสปอร์และเรณู 11 ชนิด จำนวน 319 เม็ด ประกอบด้วย *Ixora* sp. (31.35%) Pollen indet 35 (27.59%) Poaceae (14.42%) *Cassia* sp. (11.28%) *Mimusops* sp. (7.21%) Pollen indet 42 (3.76%) Moraceae (1.88%) Pollen indet 43 (1.57%) นอกจากนี้พบว่ามีสปอร์และเรณูของพืชอีกหลายชนิดที่สามารถตรวจพบได้น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์จากพื้นที่บริเวณนี้ ได้แก่ Cyperaceae indet 1 *Merremia* sp. และ Pollen indet 44 (ภาพที่ 9, 12K, 18D, 14D, 11B, 13H, 18K, 13K, 18L, 11G, 13F และ 19L)

บริเวณชายหาดชลาทัศน์ พบสปอร์และเรณู 16 ชนิดจำนวน 305 เม็ด ประกอบด้วย *Barringtonia* sp. (83.28%) *Casuarina* sp. (4.92%) Poaceae (3.60%) *Terminaria* sp. (1.98%) นอกจากนี้พบว่ามีสปอร์และเรณูของพืชอีกหลายชนิดที่สามารถตรวจพบได้น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์จากพื้นที่บริเวณนี้ ได้แก่ Asteraceae Arecaceae Cyperaceae indet 1 *Davalia* sp. *Hibiscus* sp. *Lagerstroemia* sp. Moraceae Myrtaceae Pollen Indet 45 Pollen Indet 46 Trilete spore indet 1 และ Trilete spore 3 (ภาพที่ 9, 10I, 11C, 14D, 14L, 10H, 10F, 11G, 11I, 12I, 13A, 13K, 13L, 19B, 19C, 15A และ 15C ตามลำดับ)

บริเวณสวนสองทะเล พบสปอร์และเรณู 16 ชนิดจำนวน 412 เม็ด ประกอบด้วย *Casuarina* sp. (92.23%) *Terminalia* sp. (3.40%) นอกจากนี้พบว่ามีสปอร์และเรณูของพืชอีกหลายชนิดที่สามารถตรวจพบได้น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์จากพื้นที่บริเวณนี้ ได้แก่ *Albizia* sp. Asteraceae *Davallia* sp. *Hibiscus* sp. *Mimosa* sp. Monolete spore indet 1 Pinaceae Poaceae *Stenochlaena* sp. Pollen indet 12 Pollen Indet 29 Pollen Indet 47 Pollen indet 48 และ Pollen indet 49 (ภาพที่ 9, 11C, 14L, 10C, 10H, 11I, 12I, 13G, 13I, 14C, 14D, 14K, 16E, 17J, 19D, 19E และ 19F ตามลำดับ)

บริเวณแหล่งที่อยู่อาศัยในเมืองหาดใหญ่ พบสปอร์และเรณู 8 ชนิด จำนวน 400 เม็ด ประกอบด้วย *Leucaena* sp. (59.25%) *Gardenia* sp. (30.00%) Asteraceae (4.25%) Moraceae (3.00%) Poaceae (1.50%) *Ochna* sp. (1.25%) นอกจากนี้พบว่ามีสปอร์และเรณูของพืชอีกสองชนิดที่สามารถตรวจพบได้น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์จากพื้นที่บริเวณนี้ ได้แก่ *Asplenium* sp. และ *Hibiscus* sp. (ภาพที่ 9, 13B, 12F, 10H, 13K, 14D, 14A, 10G และ 12I ตามลำดับ)

บริเวณหน้าศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พบสปอร์และเรณู 2 ชนิด จำนวน 312 เม็ด ประกอบด้วย *Ptychosperma* sp. (99.68%) และเรณูของ Poaceae ที่ตรวจพบได้น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์จากพื้นที่บริเวณนี้ (กราฟที่ 9, 14E และ 14D ตามลำดับ)

บริเวณหน้าหอานาฬิกาเทศบาลนครหาดใหญ่ พบสปอร์และเรณู 15 ชนิด จำนวนทั้งหมด 94 เม็ด ประกอบด้วย Pollen indet 50 (18.08%) *Solanum* sp. (15.96%) Poaceae (12.77%) Pollen indet 51 (10.64%) *Terminalia* sp. (9.57%) Moraceae (7.45%) *Cassia* sp. (6.38%) Pollen indet 52 (6.38%) *Asplenium* sp. (3.19%) Asteraceae (2.13%) *Casuarina* sp. (2.13%) Cyperaceae indet 1 (2.13%) *Ipomoea* sp (1.06%) Pollen indet 5 (1.06%) Trilete spore indet 2 (1.06%) (ภาพที่ 9, 19G, 14I, 14D, 19H, 14L, 13K, 11B, 19I, 10G, 10H, 11C, 11G, 12J, 15J และ 15B ตามลำดับ)

บริเวณหน้าโรงพยาบาลหาดใหญ่ พบสปอร์และเรณู 11 ชนิด จำนวนทั้งหมด 47 เม็ดประกอบด้วย Cyperaceae indet 1 (46.81%) Poaceae (12.77%) *Terminalia* sp. (10.64%) *Asplenium* sp. (6.38%) *Cassia* sp. (6.38%) *Hevea* sp. (4.25%) Moraceae (4.25%) *Elaeis* sp. (2.13%) Euphorbiaceae (2.13%) Pollen indet 53 (2.13%) และ *Typha* sp. (2.13%) (ภาพที่ 9, 11G, 14D, 14L, 10G, 11B, 12H, 13K, 11K, 12A, 19J และ 15D ตามลำดับ)

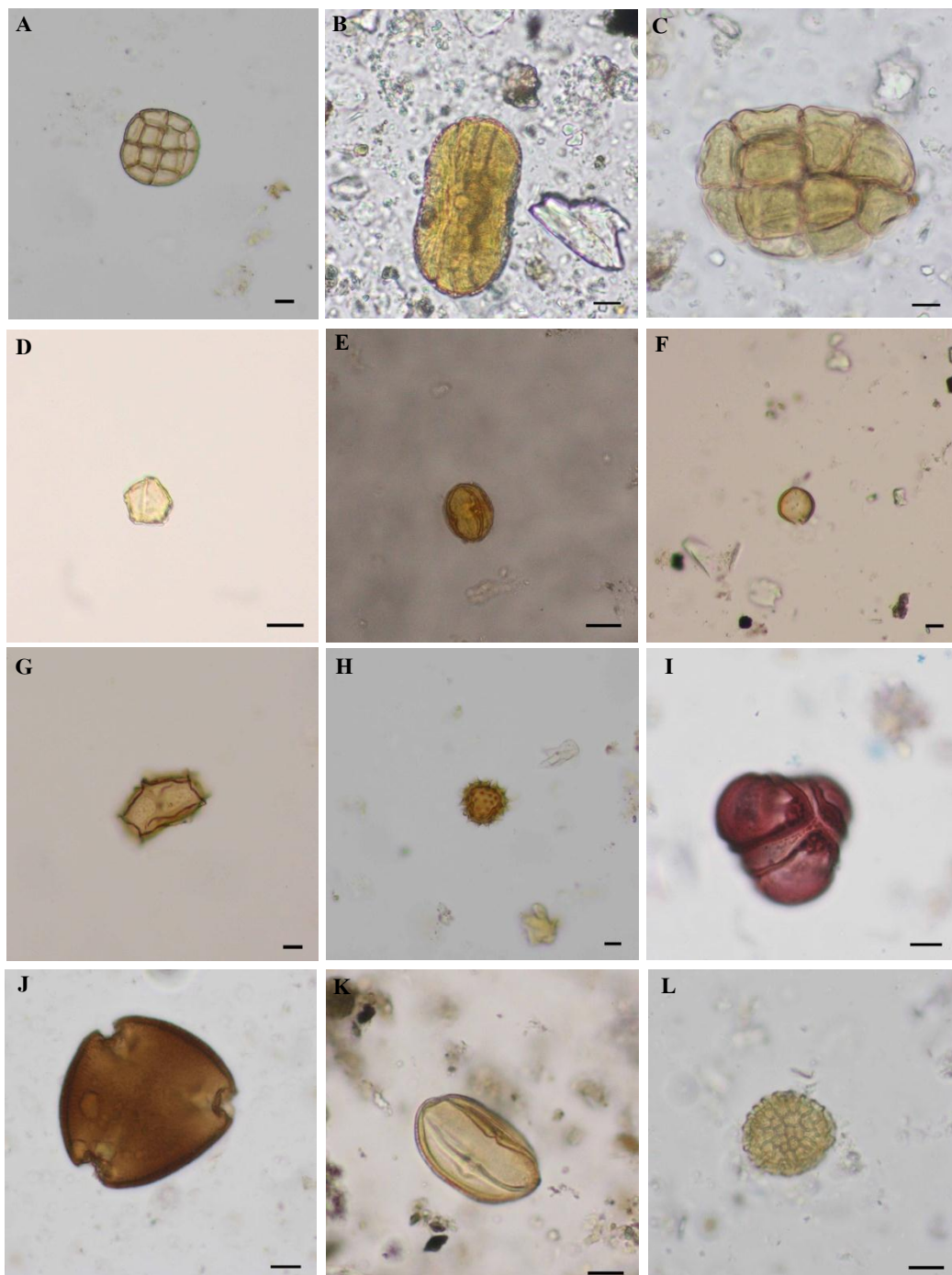
บริเวณหน้าโรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย พบสปอร์และเรณู 16 ชนิด จำนวนทั้งหมด 216 เม็ด ประกอบด้วย *Terminalia* sp. (44.44%) *Cassia* sp. (14.81%) Loranthaceae (13.89%) Pollen indet 54 (4.17%) *Begonia* sp. (3.70%) *Elaeis* sp. (3.70%) Poaceae (3.70%) Moraceae (3.24%) Trilete spore indet 2 (2.31%) *Ocimum* sp. (1.39%) และ *Typha* sp. (1.39%) นอกจากนี้พบว่ามีสปอร์และเรณูของพืชอีกหลายชนิดที่สามารถตรวจพบได้น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์จากพื้นที่บริเวณนี้ ได้แก่ *Acacia* sp. Asteraceae Cyperaceae indet 1 Fabaceae indet 2 และ Pollen indet 55 (ภาพที่ 9, 14L, 11B, 13C, 19K, 10K, 11K, 14D, 13K, 15B, 14B, 15D, 10A, 10H, 11G, 12D และ 19L ตามลำดับ)

บริเวณหน้าโรงเรียนธิดานุเคราะห์ พบสปอร์และเรณู 15 ชนิด จำนวนทั้งหมด 135 เม็ดประกอบด้วย *Mimusops* sp. (44.44%) *Cassia* sp. (14.81%) Pollen indet 56 (6.67%) *Terminalia* sp. (6.67%) Poaceae (5.19%) Pollen indet 57 (5.19%) Pollen indet 23 (4.44%) Moraceae (4.44%) Pollen indet 58 (2.22%) Pollen indet 59 (1.48%) และ *Asplenium* sp. (1.48%) นอกจากนี้พบว่ามีสปอร์และ

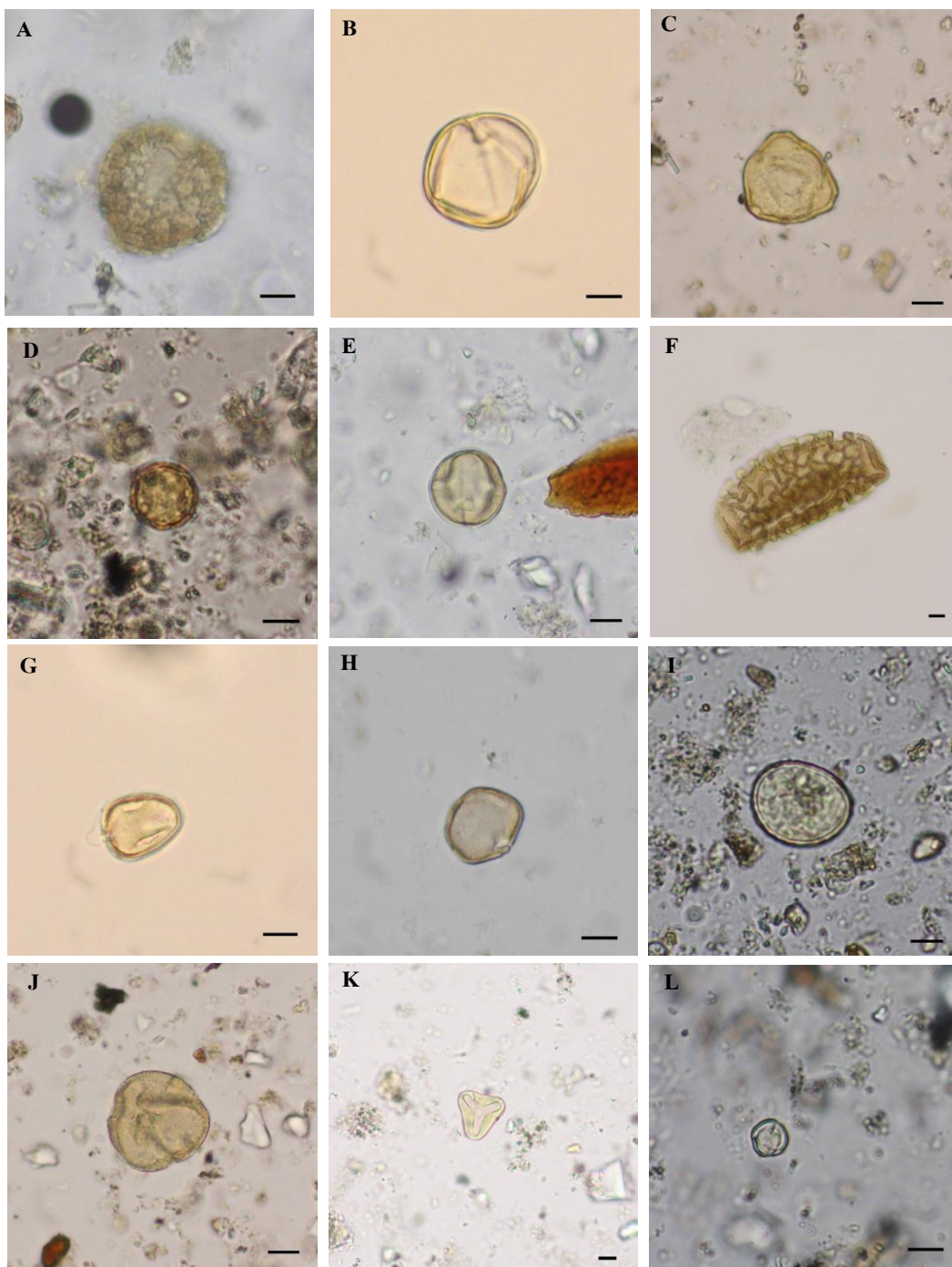
เรณูของพืชอีกหลายชนิดที่สามารถตรวจพบได้น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์จากพื้นที่บริเวณนี้ ได้แก่ *Acacia* sp. *Bougainvillea* sp. *Caesalpinia* sp. และ Pollen indet 60 (ภาพที่ 9, 13H, 11B, 20A, 14L, 14D, 20B, 17D, 13K, 20C, 20D, 10G,10A,10L, 11A และ 20E ตามลำดับ)

บริเวณพระอนุสาวรีย์กรมหลวงชุมพร พอสปอร์และเรณู 8 ชนิดจำนวน 315 เม็ดประกอบด้วย *Terminalia* sp. (67.94%) *Casuarina* sp. (26.03%) Asteraceae (3.49%) นอกจากนี้พบว่ามีสปอร์และเรณูของพืชอีกหลายชนิดที่สามารถตรวจพบได้น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์จากพื้นที่บริเวณนี้ได้แก่ *Elaeis* sp. *Celosia* sp. Cyperaceae indet 1 *Mimosa* sp. และ Poaceae (ภาพที่ 9, 14L, 11C, 10H, 11K, 11D, 11G, 13G และ 14D ตามลำดับ)

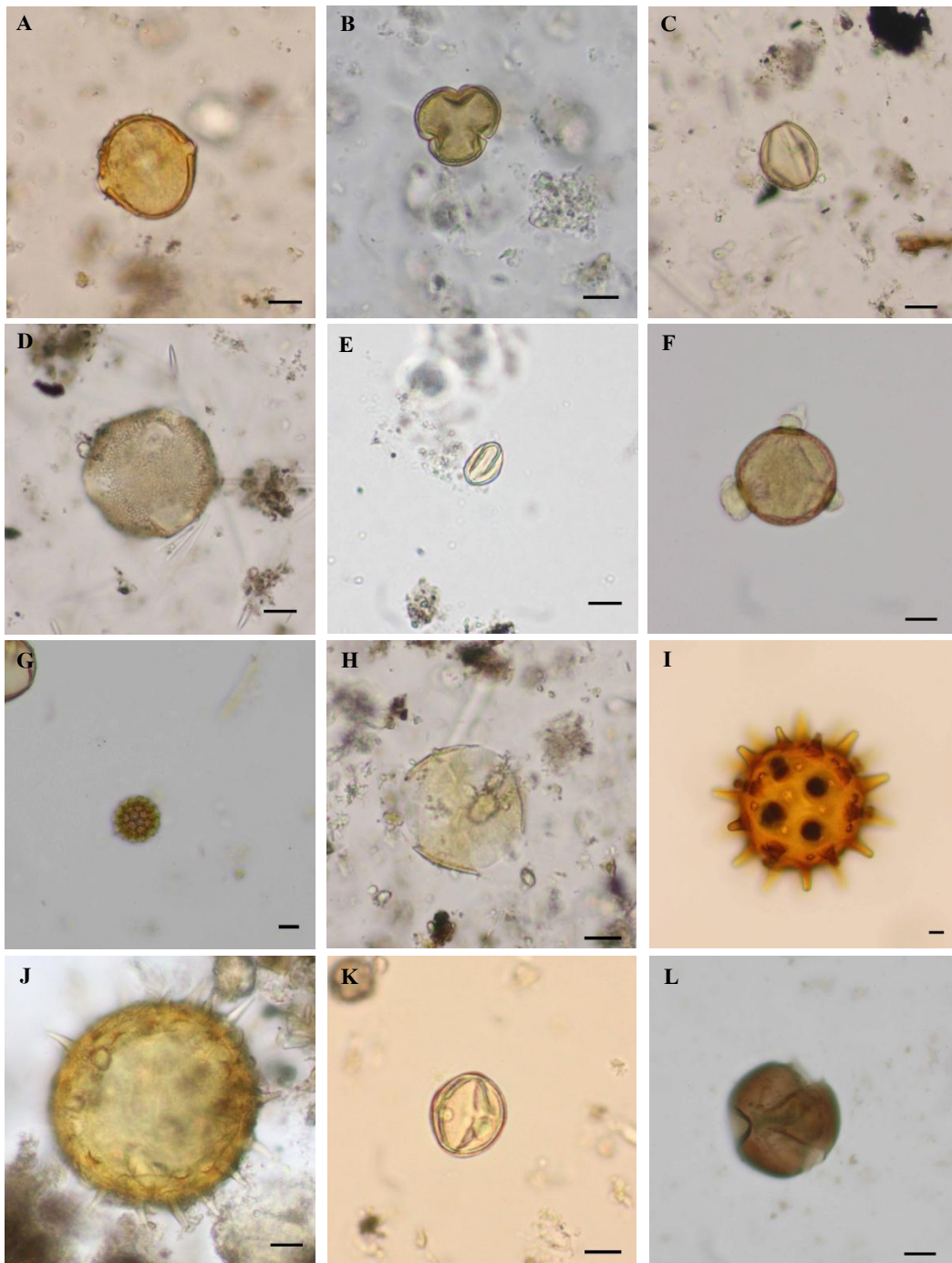
บริเวณสวนประวัติศาสตร์ พลเอกเปรมติณสูลานนท์ พอสปอร์และเรณู 13 ชนิด จำนวน 312 เม็ดประกอบด้วย *Casuarina* sp.(29.81%) *Melaleuca* sp. (29.17%) *Bougainvillea* sp. (9.94%) Poaceae (9.94%) *Typha* sp. (9.94%) *Albizia* sp. (4.81%) และ *Excoecaria* sp. (3.21%) นอกจากนี้พบว่ามีสปอร์และเรณูของพืชอีกหลายชนิดที่สามารถตรวจพบได้น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์จากพื้นที่บริเวณนี้ได้แก่ *Ceriop* sp. *Davalia* sp. *Lagerstroemia* sp. *Terminalia* sp. *Rhizophora* sp. และ Pollen indet 61 (ภาพที่ 9, 11C, 13E, 10L, 14D, 15D, 10C, 12B, 11E, 11I, 13A, 14L, 14G และ 20F ตามลำดับ)



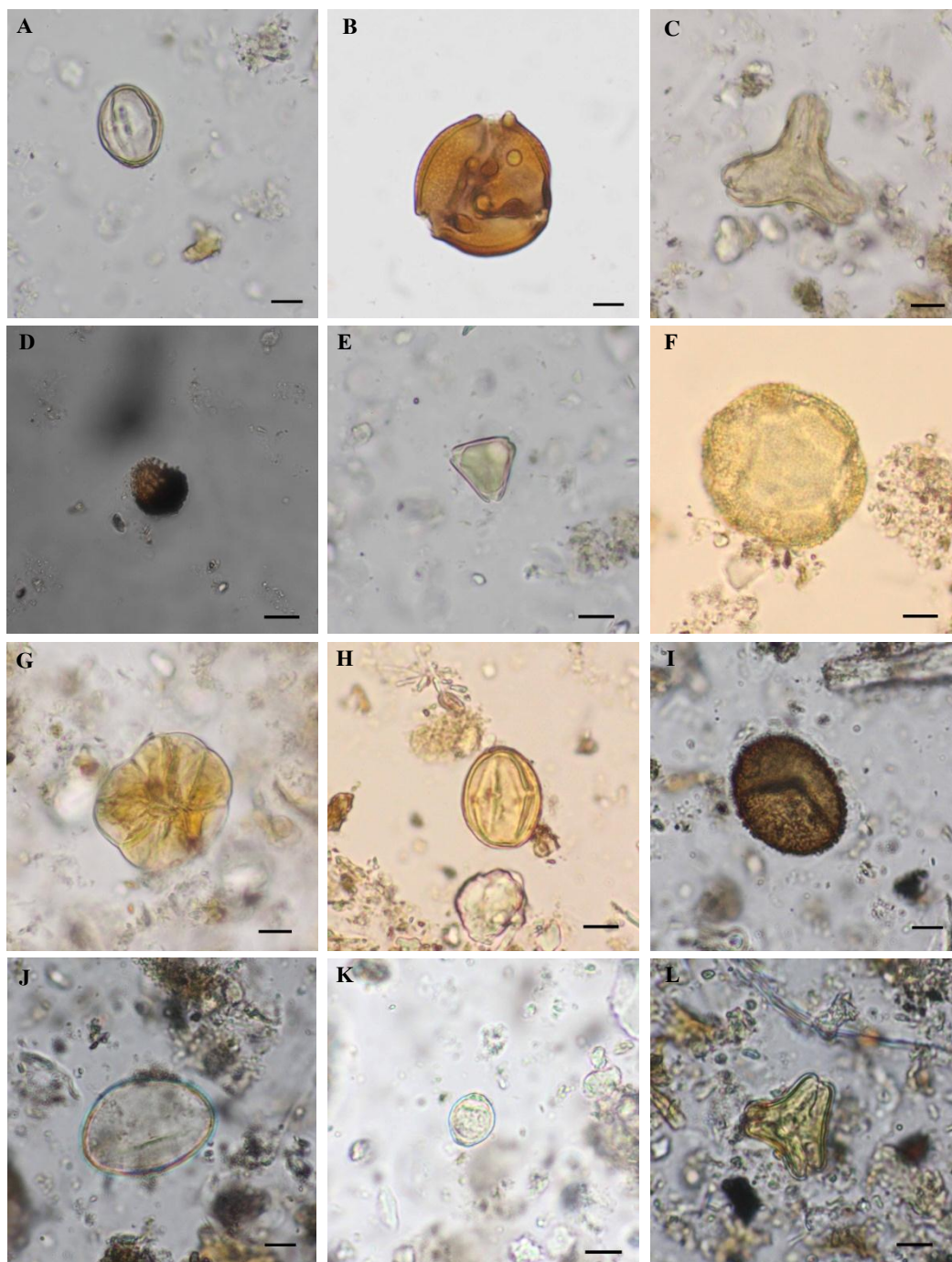
ภาพที่ 10 แสดงสัณฐานวิทยาของสปอร์และเรณูที่พบในตัวอย่าง A-L ; (A) *Acacia* sp.; (B) Acanthaceae; (C) *Albizia* sp.; (D) *Alnus* sp.; (E) Anacardiaceae; (F) *Arecaceae*; (G) *Asplenium* sp.; (H) Asteraceae; (I) *Barringtonia* sp.; (J) *Bauhinia* sp.; (K) *Begonia* sp.; (L) *Bougainvillea* sp. (สเกลมีขนาดเท่ากับ 10 ไมโครเมตร)



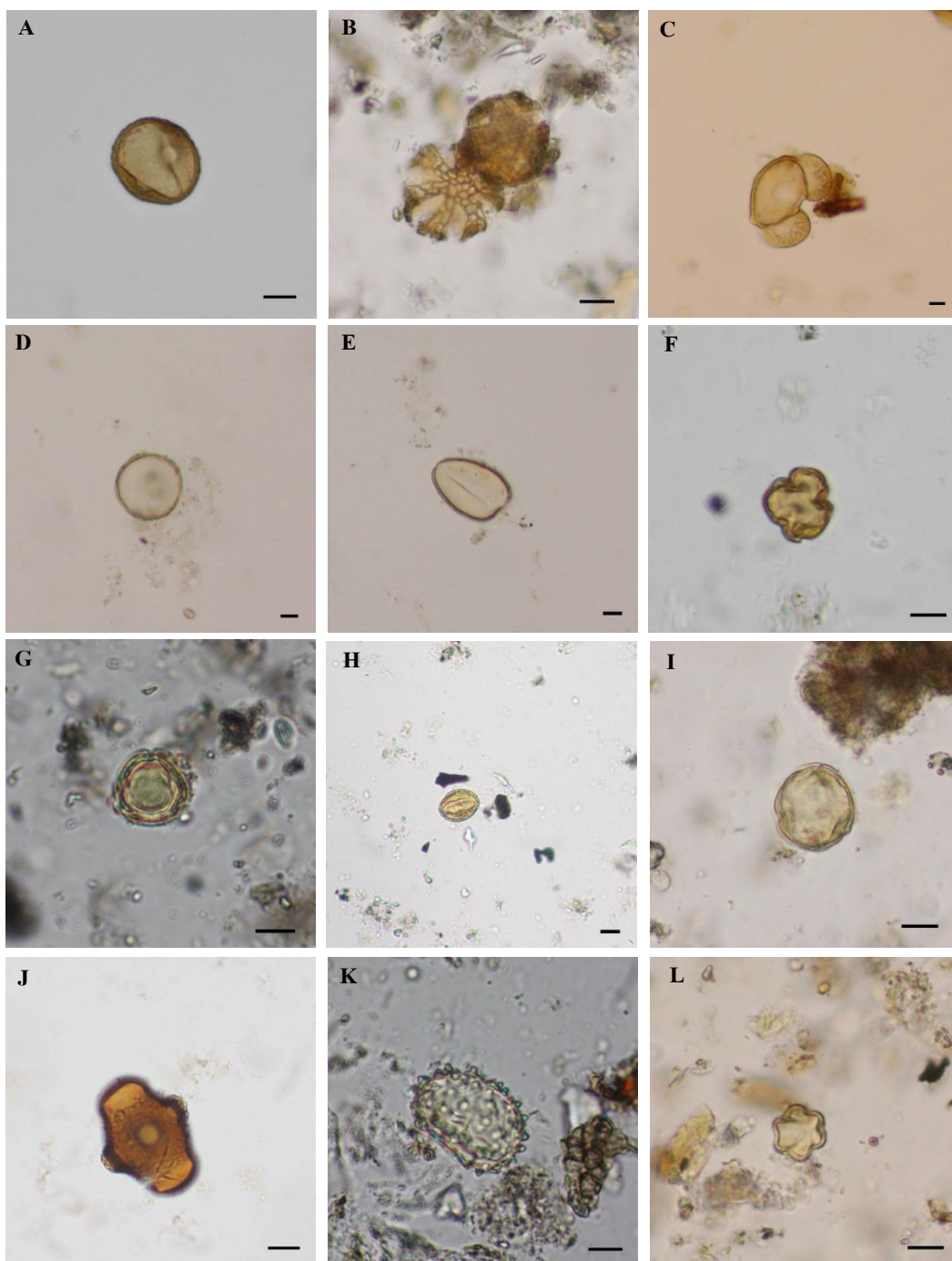
ภาพที่ 11 แสดงสัณฐานวิทยาของเรณูที่พบในตัวอย่าง A-L; (A) *Caesalpinia* sp.; (B) *Cassia* sp.; (C) *Casuarina* sp.; (D) *Celosia* sp.; (E) *Ceriop* sp.; (F) *Crinum* sp.; (G) Cyperaceae indet 1; (H) Cyperaceae indet 2; (I) *Davallia* sp.; (J) Dipterocarpaceae; (K) *Elaeis* sp.; (L) Elaeocarpaceae (สเกลมีขนาดเท่ากับ 10 ไมโครเมตร)



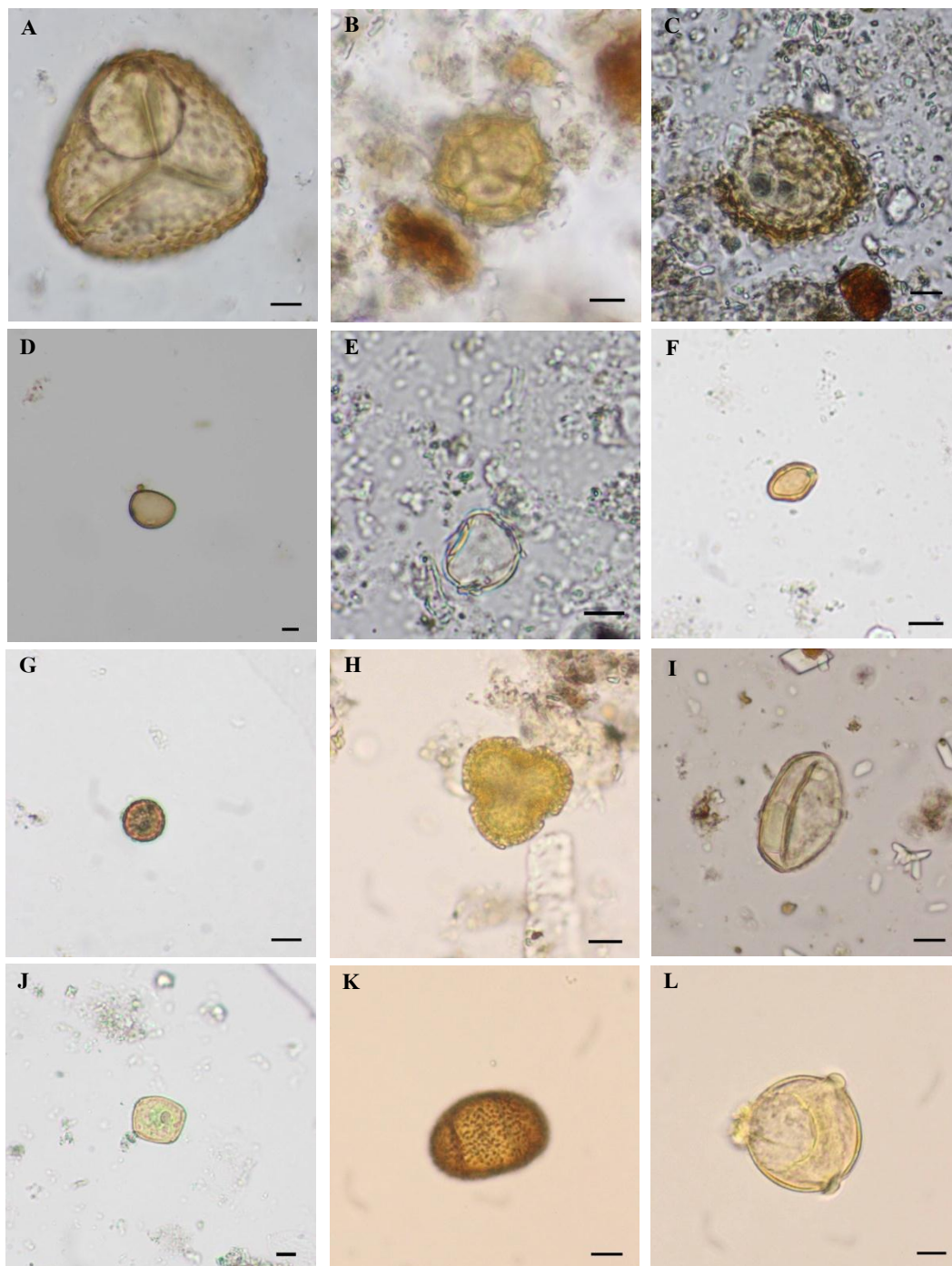
ภาพที่ 12 แสดงสัณฐานวิทยาของสปอร์และเรณูของพืชที่พบในตัวอย่าง A-L ; (A) Euphorbiaceae; (B) *Excoecaria* sp.; (C) Fabaceae indet 1; (D) Fabaceae indet 2; (E) Fagaceae; (F) *Gardenia* sp.; (G) *Gomphrena* sp.; (H) *Hevea* sp.; (I) *Hibicus* sp.; (J) *Ipomoea* sp.; (K) *Ixora* sp.; (L) *Jacaranda* sp. (สเกลมีขนาดเท่ากับ 10 ไมโครเมตร)



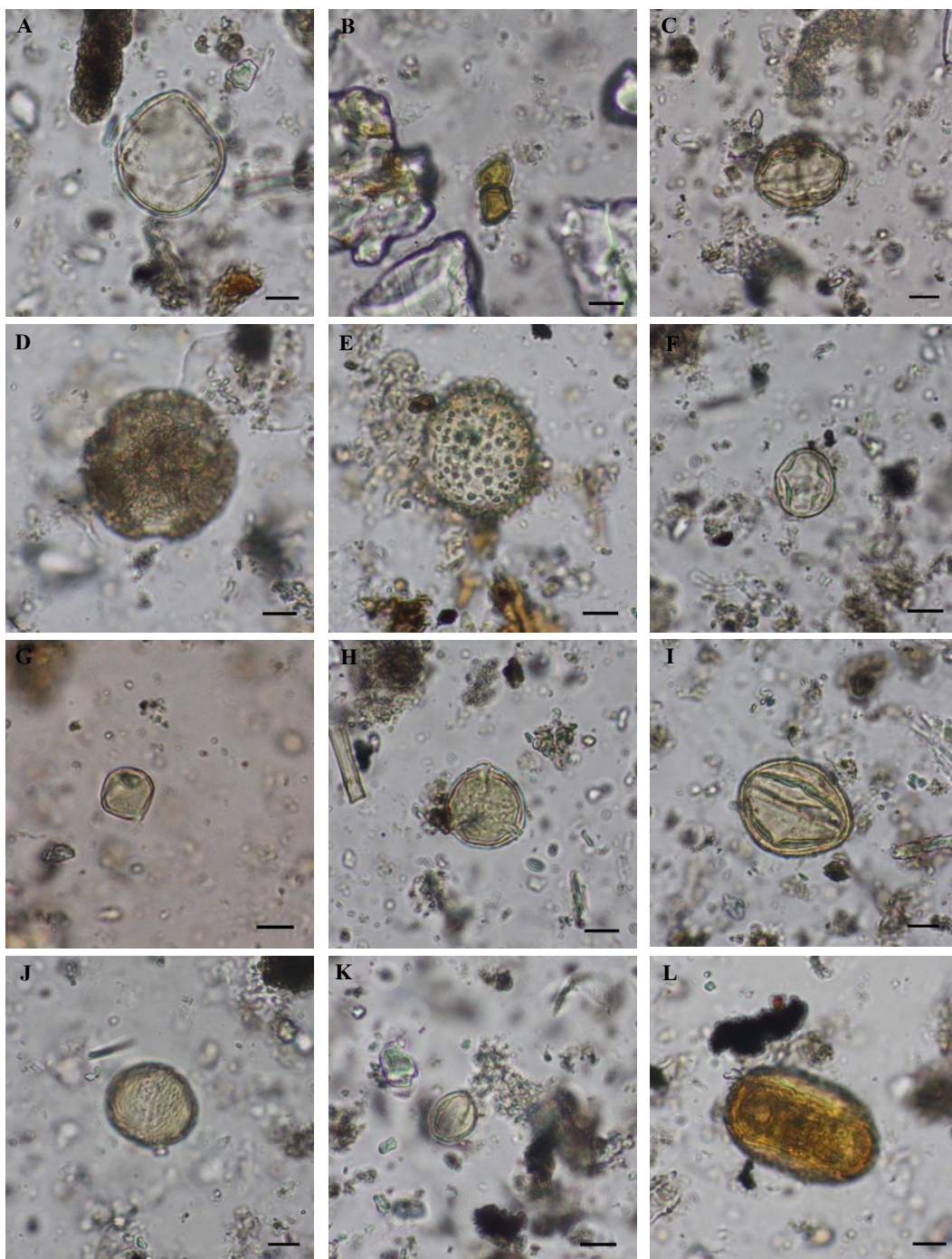
ภาพที่ 13 แสดงสัณฐานวิทยาของสปอร์และเรณูของพืชที่พบในตัวอย่าง A-L; (A) *Lagerstroemia* sp.; (B) *Leucaena* sp.; (C) Loranthaceae; (D) *Lycopodium* sp.; (E) *Melaleuca* sp.; (F) *Merremia* sp.; (G) *Mimosa* sp.; (H) *Mimosa* sp.; (I) Monolete spore indet 1; (J) Monolete spore indet 2; (K) Moraceae; (L) Myrtaceae (สเกลมีขนาดเท่ากับ 10 ไมโครเมตร)



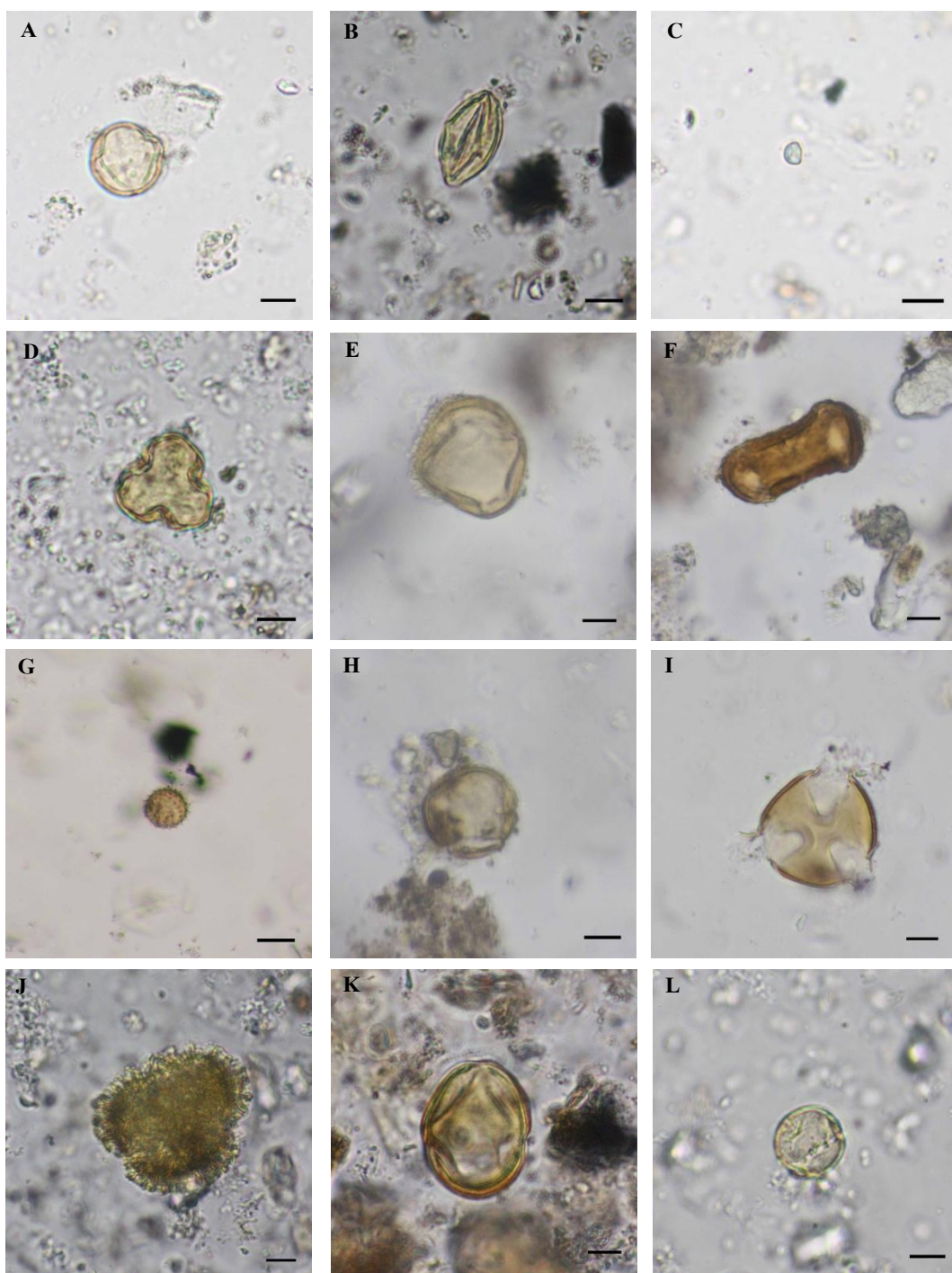
ภาพที่ 14 แสดงสัณฐานวิทยาของสปอร์และเรณูของพืชที่พบในตัวอย่าง A-L; (A) *Ochna* sp.; (B) *Ocimum* sp.; (C) Pinaceae; (D) Poaceae; (E) *Ptychosperma* sp.; (F) *Quercus* sp.; (G) *Rhizophora* sp.; (H) Rubiaceae; (I) *Solanum* sp.; (J) *Sonneratia alba* ; (K) *Stenochlaena* sp.; (L) *Terminalia* sp. (สเกลมีขนาดเท่ากับ 10 ไมโครเมตร)



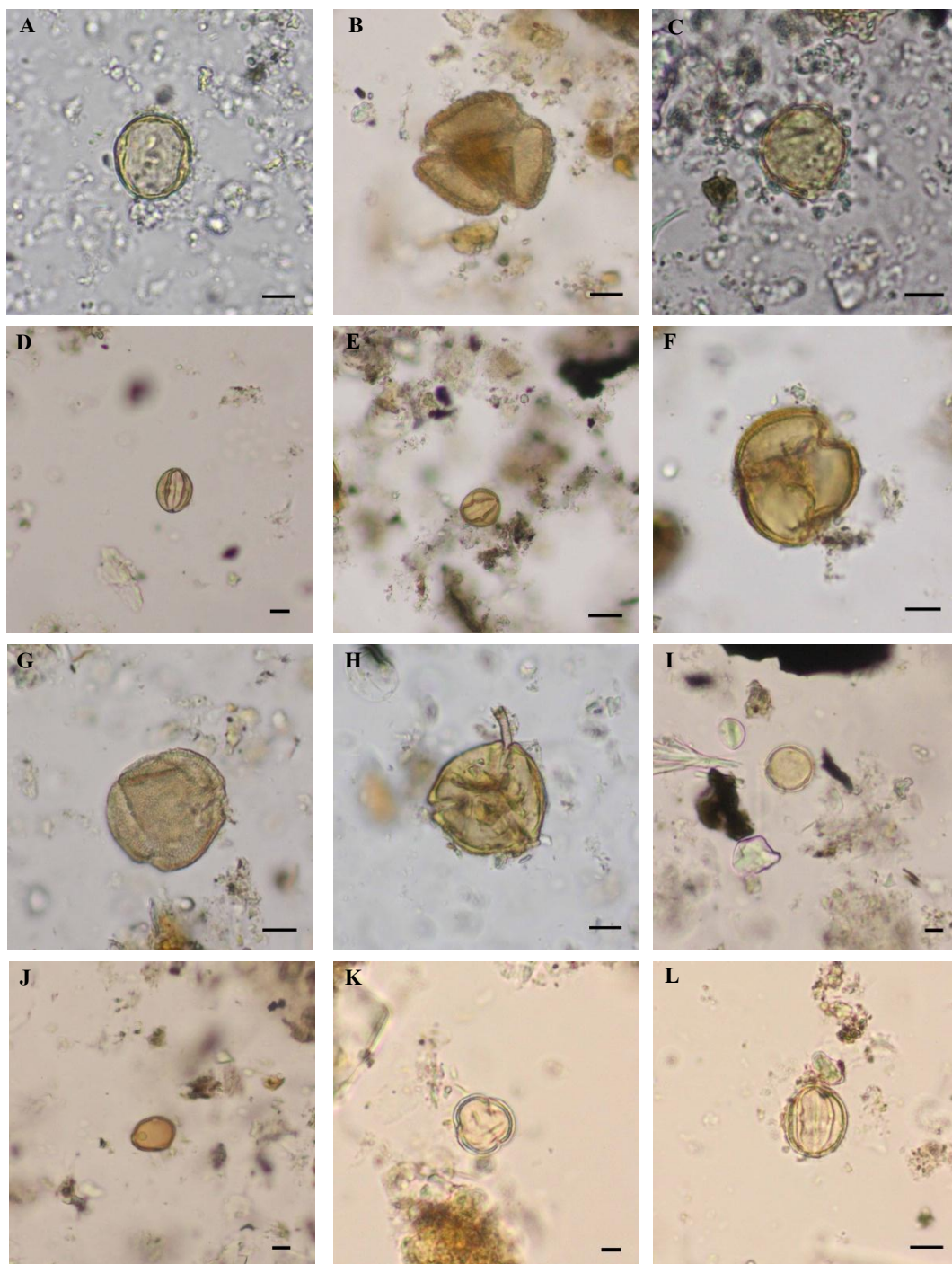
ภาพที่ 15 แสดงสัณฐานวิทยาของสปอร์และเรณูของพืชที่พบในตัวอย่าง A-L; (A) Trilete spore indet 1; (B) Trilete spore indet 2; (C) Trilete spore indet 3; (D) *Typha* sp.; (E) *Xylocarpus* sp.; (F) Pollen indet 1; (G) Pollen indet 2; (H) Pollen indet 3; (I) Pollen indet 4; (J) Pollen indet 5; (K) Pollen indet 6; (L) Pollen indet 7 (สเกลมีขนาดเท่ากับ 10 ไมโครเมตร)



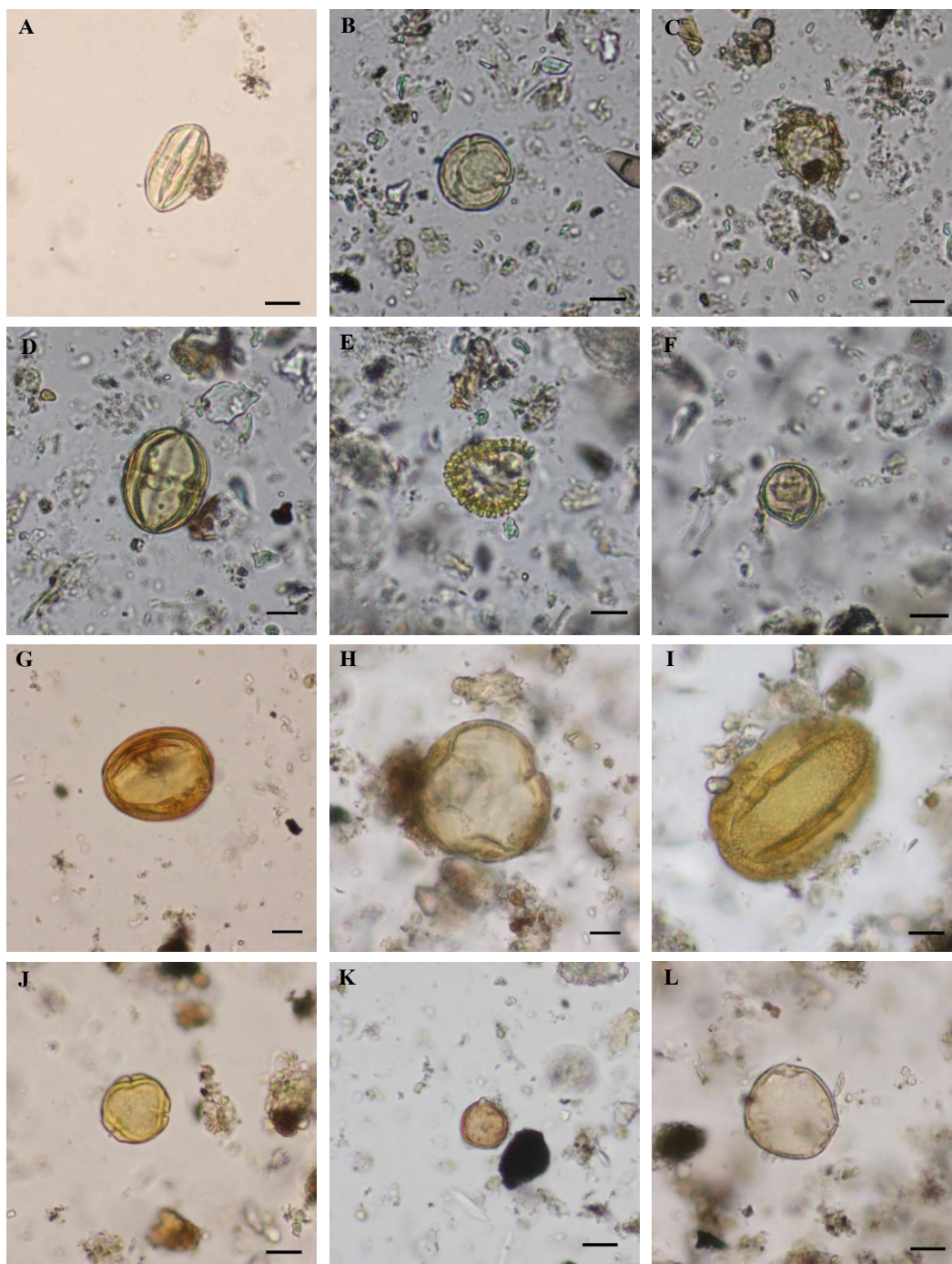
ภาพที่ 16 แสดงสัณฐานวิทยาของเรณูที่พบในตัวอย่าง A-L; (A) Pollen indet 8; (B) Pollen indet 9; (C) Pollen indet 10; (D) Pollen indet 11; (E) Pollen indet 12; (F) Pollen indet 13; (G) Pollen indet 14; (H) Pollen indet 15; (I) Pollen indet 16; (J) Pollen indet 17; (K) Pollen indet 18; (L) Pollen indet 19 (สเกลมีขนาดเท่ากับ 10 ไมโครเมตร)



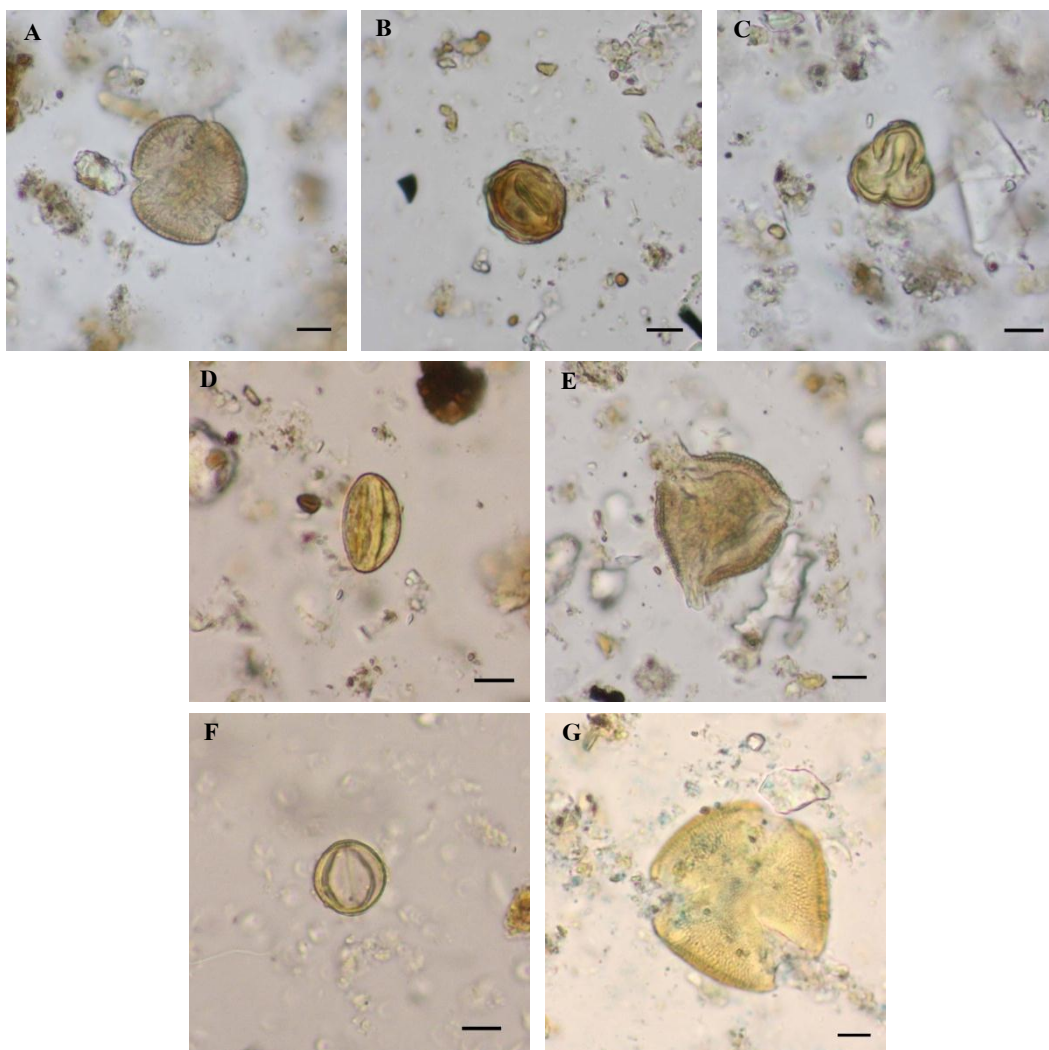
ภาพที่ 17 แสดงสัณฐานวิทยาของเรณูที่พบในตัวอย่าง A-L; (A) Pollen indet 20; (B) Pollen indet 21; (C) Pollen indet 22; (D) Pollen indet 23; (E) Pollen indet 24; (F) Pollen indet 25; (G) Pollen indet 26; (H) Pollen indet 27; (I) Pollen indet 28; (J) Pollen indet 29; (K) Pollen indet 30; (L) Pollen indet 31 (สเกลมีขนาดเท่ากับ 10 ไมโครเมตร)



ภาพที่ 18 แสดงสัณฐานวิทยาของเรณูที่พบในตัวอย่าง A-L; (A) Pollen indet 32; (B) Pollen indet 33; (C) Pollen indet 34; (D) Pollen indet 35; (E) Pollen indet 36; (F) Pollen indet 37; (G) Pollen indet 38; (H) Pollen indet 39; (I) Pollen indet 40; (J) Pollen indet 41; (K) Pollen indet 42; (L) Pollen indet 43 (สเกลมีขนาดเท่ากับ 10 ไมโครเมตร)



ภาพที่ 19 แสดงสัณฐานวิทยาของเรณูที่พบในตัวอย่าง A-L; (A) Pollen indet 44; (B) Pollen indet 45; (C) Pollen indet 46; (D) Pollen indet 47; (E) Pollen indet 48; (F) Pollen indet 49; (G) Pollen indet 50; (H) Pollen indet 51; (I) Pollen indet 52; (J) Pollen indet 53; (K) Pollen indet 54; (L) Pollen indet 55 (สเกลมีขนาดเท่ากับ 10 ไมโครเมตร)



ภาพที่ 20 แสดงสัณฐานวิทยาของเรณูที่พบในตัวอย่าง A-G; (A) Pollen indet 56; (B) Pollen indet 57; (C) Pollen indet 58; (D) Pollen indet 59; (E) Pollen indet 60; (F) Pollen indet 61; (G) Pollen indet 62 (สเกลมีขนาดเท่ากับ 10 ไมโครเมตร)

4. การศึกษาค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูบนเนื้อผ้าชนิดต่างๆ

เมื่อพิจารณาความหลากหลายของสปอร์และเรณูร่วมกับจำนวนรวมที่พบในตัวอย่างเปรียบเทียบและจากผ้าทั้งสามชนิดที่ได้จากสถานที่ต่างๆในชุมชนเมือง พบว่าถึงแม้สปอร์และเรณูที่ได้จากตัวอย่างเปรียบเทียบและผ้าจะมีความแตกต่างกัน แต่ยังคงมีความสอดคล้องกัน

บริเวณสถานีรถไฟหาดใหญ่สปอร์และเรณูที่พบได้เป็นจำนวนมากจากผ้าทั้งสามชนิด คือ Moraceae (41.67-52.43%) *Casuarina* sp. (4.49-7.87%) Poaceae (9.72-13.48%) *Ixora* sp. (4.17-13.11%) Pollen indet 1 (7.40-2.99%) *Stenochlaena* sp. (1.85-6.94%) และ Cyperaceae indet 1 (1.50-11.11%) (ตารางที่ 5) โดยเรณูของ Moraceae พบได้จำนวนมากที่สุดในผ้าสแปนเด็กซ์ (52.43%) และน้อยที่สุดในผ้าเดนิม (41.67%) เรณูของ *Casuarina* sp. พบได้จำนวนมากที่สุดในผ้าฝ้าย (7.87%) และน้อยที่สุดคือผ้าสแปนเด็กซ์ (4.49%) เรณูของ Poaceae พบได้จำนวนมากที่สุดในผ้าสแปนเด็กซ์ (13.48%) และน้อยที่สุดคือผ้าเดนิม (9.72%) เรณูของ *Ixora* sp. พบได้เป็นจำนวนมากที่สุดในผ้าสแปนเด็กซ์ (13.11%) และน้อยที่สุดคือผ้าเดนิม (4.17%) เรณูของ Pollen indet 1 พบได้เป็นจำนวนมากที่สุดในผ้าฝ้าย (7.40%) และน้อยที่สุดคือผ้าสแปนเด็กซ์ (2.99%) เรณูของ *Stenochlaena* sp. พบได้เป็นจำนวนมากที่สุดในผ้าเดนิม (6.94%) และน้อยที่สุดคือผ้าฝ้าย (1.85%) และเรณูของ Cyperaceae indet 1 พบได้เป็นจำนวนมากที่สุดในผ้าเดนิม (11.11%) และน้อยที่สุดคือผ้าสแปนเด็กซ์ (1.50%) อย่างไรก็ตามพบว่ามีเรณูบางชนิดที่พบเฉพาะในตัวอย่างเปรียบเทียบจากบริเวณสถานีรถไฟแต่ไม่พบในผ้าทั้งสามชนิดประกอบด้วย *Alnus* sp. Cyperaceae indet 2 Rubiaceae Pollen indet 4 Pollen indet 5 และ Pollen indet 7 อีกทั้งยังมีสปอร์และเรณูบางชนิดที่พบเฉพาะในผ้าแต่ไม่พบในตัวอย่างเปรียบเทียบ ได้แก่ *Asplenium* sp. *Gomphrena* sp. *Sonneratia alba* และ *Terminalia* sp. นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจำนวนรวมสปอร์และเรณูจากผ้าทั้งสามชนิดพบว่ามีจำนวนรวมสปอร์และเรณูน้อยกว่าสามร้อยเม็ดในทุกเนื้อผ้า โดยจะพบในผ้าสแปนเด็กซ์ ผ้าฝ้ายและผ้าเดนิมเป็นจำนวน 267 เม็ด 216 เม็ดและ 72 เม็ดตามลำดับ

บริเวณชายหาดชลาลัยสปอร์และเรณูที่พบได้มากที่สุดจากผ้าทั้งสามชนิดคือ *Barringtonia* sp. (73.24-100%) *Casuarina* sp. (1.32-4.22%) Poaceae (0.33-2.82%) *Terminalia* sp. (0.33-5.63%) ตามลำดับ (ตารางที่ 6) โดยเรณูของ *Barringtonia* sp. พบได้จำนวนมากที่สุดในผ้าสแปนเด็กซ์ (100.00%) และพบได้น้อยที่สุดในผ้าฝ้าย (73.23%) เรณูของ *Casuarina* sp. พบจำนวนมากที่สุดในผ้าฝ้าย (4.22%) และไม่พบในผ้าสแปนเด็กซ์ เรณูของ Poaceae พบจำนวนมากที่สุดในผ้าฝ้าย (2.82%) และไม่พบในผ้าสแปนเด็กซ์ เรณูของ *Terminalia* sp. พบจำนวนมากที่สุดในผ้าฝ้าย (5.63%) และไม่พบในผ้าสแปนเด็กซ์ อย่างไรก็ตามพบว่ามีสปอร์และเรณูบางชนิดที่พบเฉพาะในตัวอย่างเปรียบเทียบจากบริเวณชายหาดชลาลัยแต่ไม่พบในผ้าทั้งสามชนิดประกอบด้วย *Davallia* sp. *Hibiscus* sp. *Lagerstroemia* sp. Moraceae Trilete spore indet 1 Trilete spore indet 3 และ Pollen indet 46 อีกทั้งยังพบสปอร์ของ *Asplenium* sp. เฉพาะในผ้าแต่ไม่พบในตัวอย่างเปรียบเทียบ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจำนวนรวมสปอร์และเรณูจากผ้าทั้งสามชนิดพบว่า

มีจำนวนสปอร์และเรณูพบได้ในผ้าเดนิม ผ้าฝ้ายและผ้าสแปนเด็กซ์เป็นจำนวน 301 เม็ด 71 เม็ดและ 52 เม็ดตามลำดับ

บริเวณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สปอร์และเรณูที่พบได้มากที่สุดจากผ้าทั้งสามชนิดคือ *Ptychosperma* sp. (97.30-99.68%) และ Poaceae (0.30-1.64%) ตามลำดับ (ตารางที่ 7) โดยเรณูของ *Ptychosperma* sp. พบเป็นจำนวนมากที่สุดในผ้าสแปนเด็กซ์ (98.36%) ผ้าฝ้าย (98.03%) และพบได้น้อยที่สุดในผ้าเดนิม (97.30%) เรณูของ Poaceae พบเป็นจำนวนมากที่สุดในผ้าฝ้าย (1.64%) ผ้าสแปนเด็กซ์ (0.33%) และพบได้น้อยที่สุดในผ้าเดนิม อย่างไรก็ตามพบว่ามีสปอร์และเรณูบางชนิดที่พบเฉพาะในผ้าแต่ไม่พบในตัวอย่างเปรียบประกอบด้วย *Asplenium* sp. *Bauhinia* sp. และ *Cassia* sp. นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจำนวนรวมสปอร์และเรณูจากผ้าทั้งสามชนิดพบว่ามีความมากกว่าสามร้อยเม็ดในทุกเนื้อผ้า โดยจะพบในผ้าเดนิม ผ้าสแปนเด็กซ์และผ้าฝ้าย เป็นจำนวน 334 เม็ด 306 เม็ดและ 304 เม็ดตามลำดับ

บริเวณพระอนุสาวรีย์กรมหลวงชุมพร สปอร์และเรณูที่พบได้มากที่สุดจากผ้าทั้งสามชนิดคือ *Terminaria* sp (84.70-87.37%) และ *Casuarina* sp. (11.57-13.40%) (ตารางที่ 8) โดยเรณูของ *Terminaria* sp. พบเป็นจำนวนมากที่สุดในผ้าเดนิม (87.36%) ผ้าสแปนเด็กซ์ (85.67%) และพบได้น้อยที่สุดในผ้าฝ้าย (84.70%) เรณูของ *Casuarina* sp. พบเป็นจำนวนมากที่สุดในผ้าสแปนเด็กซ์ (13.40%) ผ้าฝ้าย (11.72%) และพบได้น้อยที่สุดในผ้าเดนิม (11.58%) อย่างไรก็ตามพบว่ามีเรณูบางชนิดที่พบเฉพาะในตัวอย่างเปรียบแต่ไม่พบในผ้าทั้งสามชนิดประกอบด้วย *Celosia* sp. *Cyperaceae* indet 1 *Elaeis* sp. *Mimosa* sp. อีกทั้งยังมีเรณูบางชนิดที่พบเฉพาะในผ้าแต่ไม่พบในตัวอย่างเปรียบเทียบ ได้แก่ *Typha* sp. *Arecaceae* *Barringtonia* sp. *Acacia* sp. *Bougainvillea* sp. *Dipterocarpaceae* นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจำนวนรวมสปอร์และเรณูจากผ้าทั้งสามชนิดพบว่ามีความจำนวนสปอร์และเรณูพบได้ในผ้าสแปนเด็กซ์ ผ้าฝ้ายและผ้าเดนิมเป็นจำนวน 321 เม็ด 307 เม็ดและ 95 เม็ด ตามลำดับ

ตารางที่ 5 แสดงค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูบนผ้าทั้งสามชนิดเปรียบกับตัวอย่างจากบริเวณสถานีรถไฟหาดใหญ่ (เครื่องหมาย + แสดงค่าน้อยกว่า 1.00 เปอร์เซ็นต์)

ชนิดของสปอร์และเรณู	ตัวอย่างเปรียบเทียบ	ผ้าฝ้าย	ผ้าสแปนเด็กซ์	ผ้าเดนิม
Moraceae	45.48	46.29	52.43	41.67
<i>Casuarina</i> sp.	4.33	7.87	4.49	6.94
Poaceae	15.97	11.57	13.48	9.72
<i>Ixora</i> sp.	5.89	6.48	13.11	4.17
Pollen indet 1	4.94	7.40	2.99	5.55
<i>Stenochlaena</i> sp.	4.37	1.85	2.62	6.94
<i>Cyperaceae</i> indet 1	3.80	3.70	1.50	11.11
Asteraceae	2.28	+	+	
<i>Fagaceae</i>	1.90	+	1.12	
<i>Lagerstroemia</i> sp.	1.90	1.39	+	
Pollen indet 2	1.71	3.70	1.87	2.78
<i>Cyperaceae</i> indet 2	1.14			
<i>Elaeis</i> sp.	+	+	+	1.39
<i>Acacia</i> sp.	+	+	1.12	1.39
<i>Alnus</i> sp.	+			
<i>Cassia</i> sp.	+			1.38
<i>Hevea</i> sp.	+		+	
Rubiaceae	+			
Pollen indet 3	+		+	
Pollen indet 4	+			
Pollen indet 5	+			
Pollen indet 6	+		+	
Pollen indet 7	+			
<i>Terminalia</i> sp.		5.55	1.12	
<i>Gomphrena</i> sp.		+	+	2.8
<i>Sonneratia alba</i>		+	+	1.38
<i>Asplenium</i> sp.			+	2.8

ตารางที่ 6 แสดงค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูบนผ้าทั้งสามชนิดเปรียบกับตัวอย่างจากบริเวณชายหาดชลาลัย (เครื่องหมาย + แสดงค่าน้อยกว่า 1.00 เปอร์เซ็นต์)

ชนิดของสปอร์และเรณู	ตัวอย่างเปรียบเทียบ	ผ้าฝ้าย	ผ้าสแปนเด็กซ์	ผ้าเดนิม
<i>Barringtonia</i> sp.	83.28	73.23	100.00	96.34
<i>Casuarina</i> sp.	4.92	4.22		1.32
Poaceae	3.60	2.82		+
<i>Terminalia</i> sp.	1.97	5.63		+
Asteraceae	+			+
Arecaceae	+	5.63		
Cyperaceae indet 1	+	4.22		+
<i>Davallia</i> sp.	+			
<i>Hibiscus</i> sp.	+			
<i>Lagerstroemia</i> sp.	+			
Moraceae	+			
Myrtaceae	+	1.40		
Trilete spore indet 1	+			
Trilete spore indet 3	+			
Pollen Indet 45	+	1.40		+
Pollen Indet 46	+			
<i>Asplenium</i> sp.		1.40		

ตารางที่ 7 แสดงค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูบนผ้าทั้งสามชนิดเปรียบกับตัวอย่างจากบริเวณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (เครื่องหมาย + แสดงค่าน้อยกว่า 1.00 เปอร์เซ็นต์)

ชนิดของสปอร์และเรณู	ตัวอย่างเปรียบเทียบ	ผ้าฝ้าย	ผ้าสแปนเด็กซ์	ผ้าเดนิม
<i>Ptychosperma</i> sp.	99.68	98.03	98.36	97.30
Poaceae	+	1.64	+	+
<i>Asplenium</i> sp.		+		+
<i>Bauhinia</i> sp.			1.30	+
<i>Cassia</i> sp.				+
Pollen indet 62				+

ตารางที่ 8 แสดงค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูบนผ้าทั้งสามชนิดเปรียบกับตัวอย่างจากบริเวณพระอนุสาวรีย์กรมหลวงชุมพร (เครื่องหมาย + แสดงค่าน้อยกว่า 1.00 เปอร์เซ็นต์)

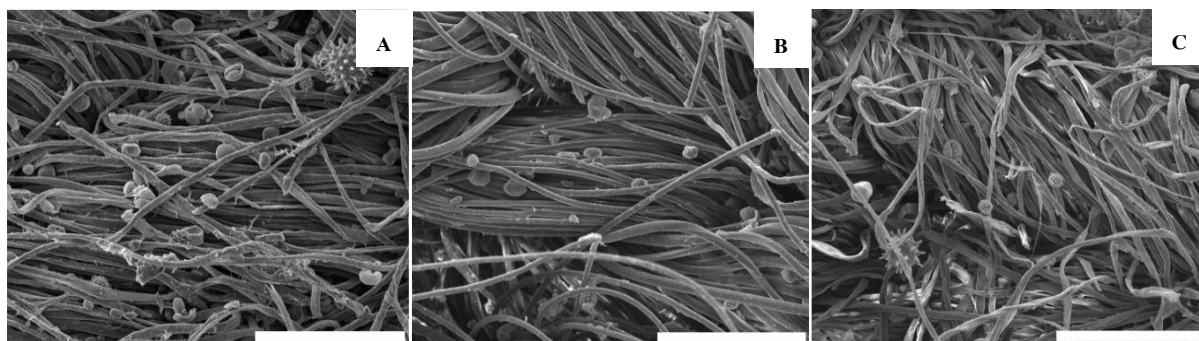
ชนิดของสปอร์และเรณู	ตัวอย่างเปรียบเทียบ	ผ้าฝ้าย	ผ้าสแปนเด็กซ์	ผ้าเดนิม
<i>Terminalia</i> sp.	67.93	84.70	85.67	87.36
<i>Casuarina</i> sp.	26.03	11.73	13.40	11.58
Asteraceae	3.49	+	+	
Poaceae	+	1.30		
<i>Celosia</i> sp.	+			
<i>Cyperaceae</i> sp.	+			
<i>Elaeis</i> sp.	+			
<i>Mimosa</i> sp.	+			
<i>Acacia</i> sp.		+		
<i>Areceaceae</i> sp.		+		
<i>Barringtonia</i> sp.		+		1.05
<i>Typha</i> sp.		+		
<i>Bougainvillea</i> sp.			+	
Dipterocarpaceae			+	

5. การศึกษาค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่ติดอยู่บนเสื้อผ้าหลังจากการซักล้าง

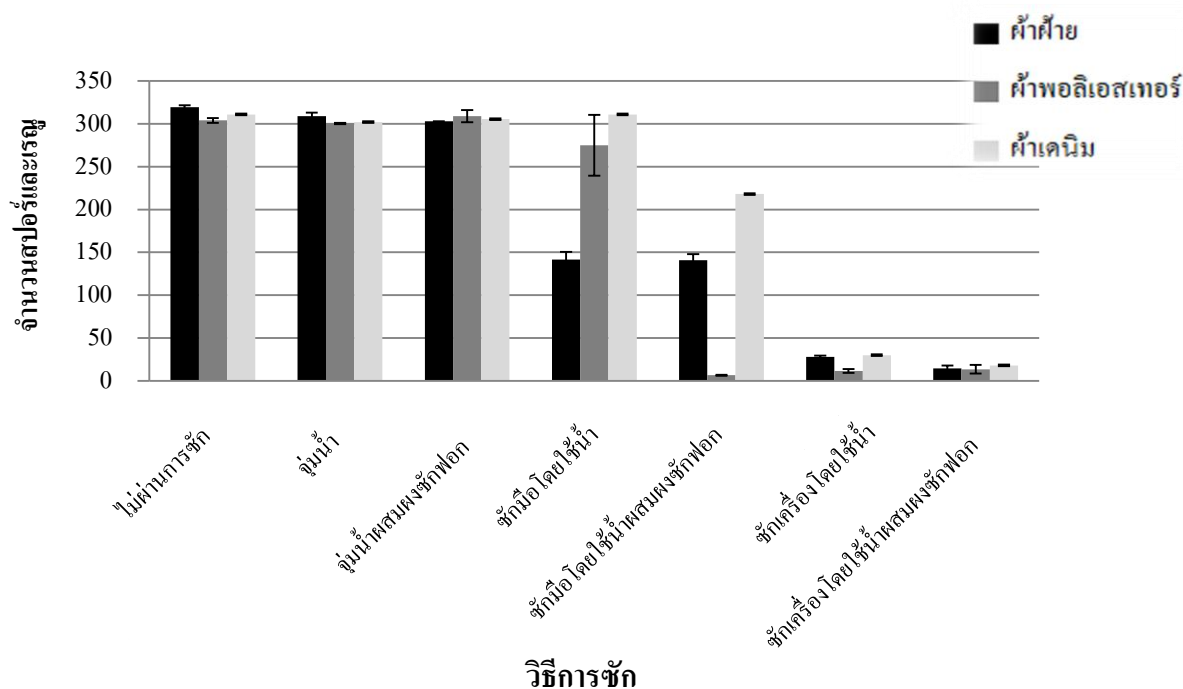
การศึกษาศักยภาพของสปอร์และเรณูที่ติดอยู่บนเสื้อผ้าหลังจากการซักล้างพบว่าการซักเสื้อผ้าโดยใช้เครื่องซักผ้ามีผลทำให้ค่าเฉลี่ยจำนวนรวมสปอร์และเรณูในผ้าทุกชนิดลดลงต่ำกว่า 30 เม็ด และการซักล้างผ้าพอลิเอสเตอร์โดยใช้มือด้วยน้ำที่ผสมผงซักฟอกทำให้ค่าเฉลี่ยจำนวนรวมสปอร์และเรณูมีค่าลดลงอย่างมาก (6.50 ± 0.71 เม็ด) เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการซักมือโดยใช้น้ำเพียงอย่างเดียว (275.00 ± 35.35 เม็ด) (ภาพที่ 21) นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนรวมสปอร์และเรณูที่ได้หลังจากการซักล้างโดยใช้วิธีการต่างๆมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในผ้าฝ้ายเท่านั้น (ค่าไค-สแควร์ = 12.599, ระดับนัยสำคัญ 0.050) โดยค่าเฉลี่ยจำนวนรวมสปอร์และเรณูบนผ้าฝ้ายลดลงเหลือน้อยกว่า 150 เม็ด หลังจากการซักโดยใช้มือและลดลงเหลือน้อยกว่า 30 เม็ด หลังจากการซักโดยใช้เครื่องซักผ้าทั้งด้วยน้ำเพียงอย่างเดียวและน้ำที่ผสมผงซักฟอก (ภาพที่ 22)

เมื่อพิจารณาค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูบนผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเตอร์และผ้าเดนิมที่ได้หลังจากการซักโดยการใช้วิธีต่างๆพบว่าค่าดังกล่าวของสปอร์ของโพรงทะเล เรณูของชบาและจามจุรีบนผ้าทั้งสามชนิด รวมถึงเรณูของลำพูทะเล อินทนิลน้ำ กระจุมทองเลื้อย หญ้าจรจบดอกเหลืองและกกอีลิปต์ บนผ้าพอลิเอสเตอร์ และ เรณูของกกอีลิปต์บนผ้าเดนิม มีแนวโน้มไม่แตกต่างกันหลังจากการซักด้วยวิธีต่างๆ (ภาพที่

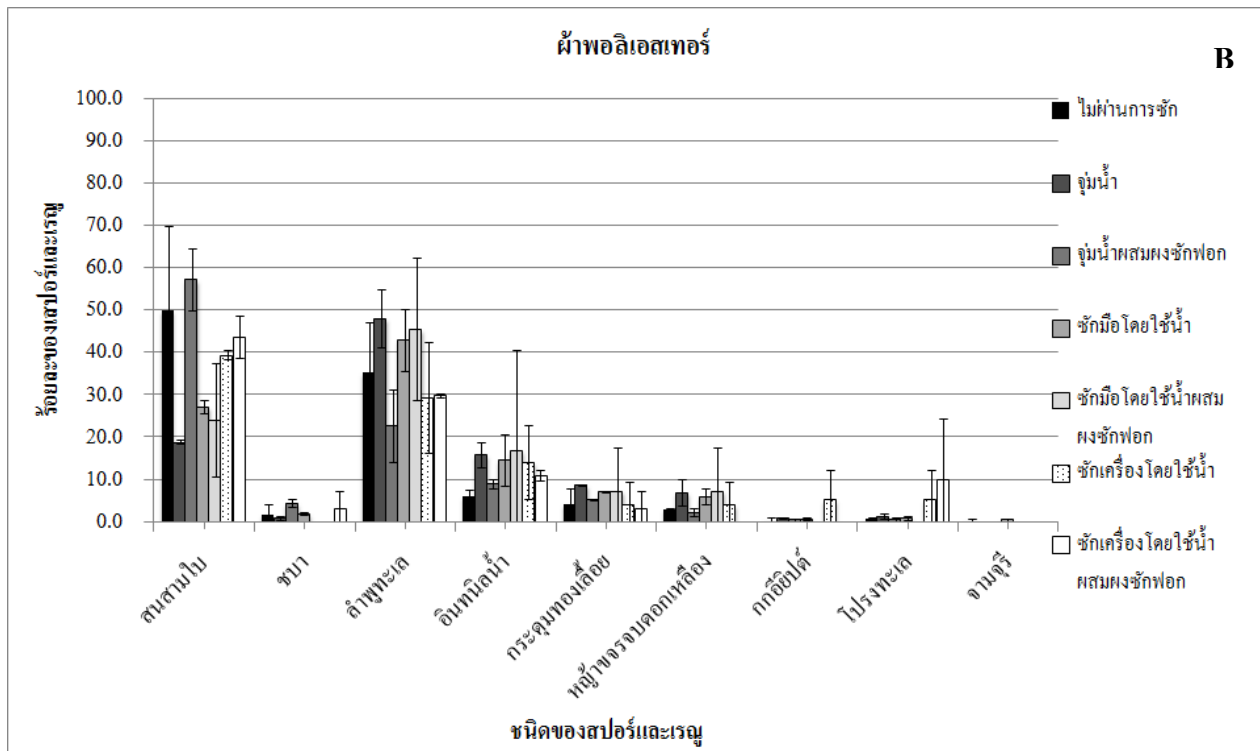
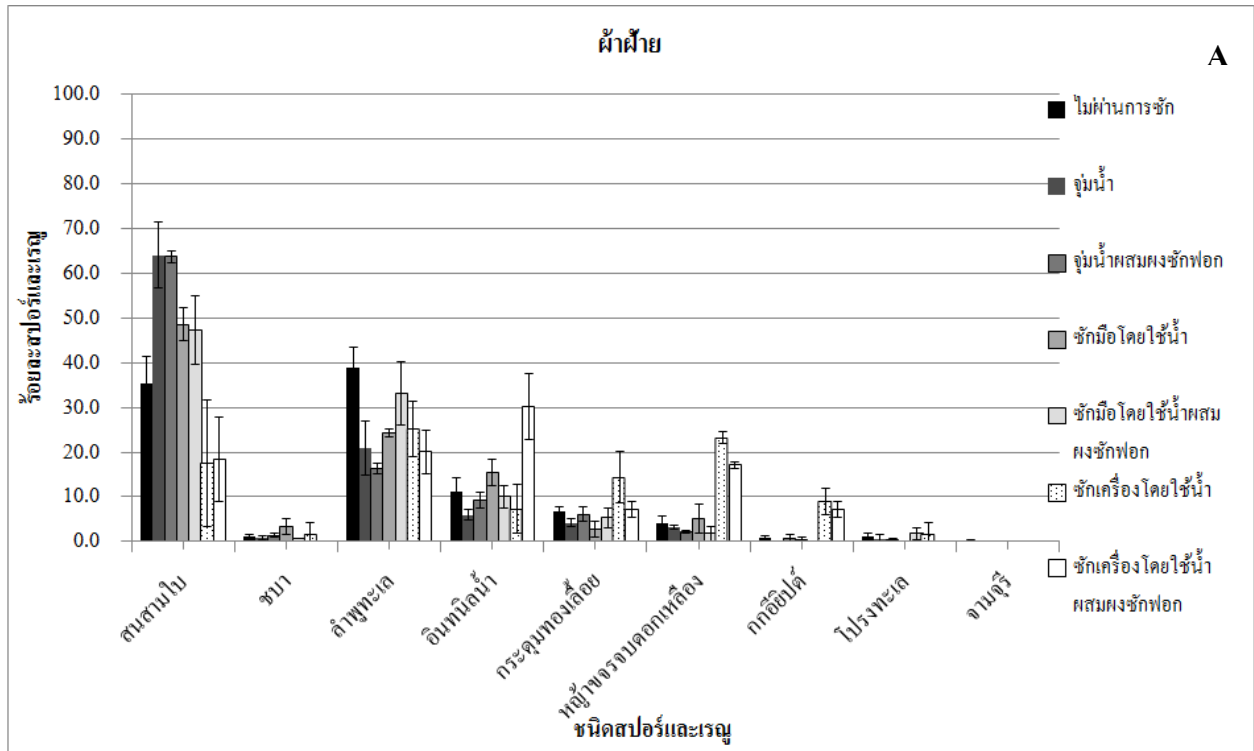
23) ค่าความซุกซุมสัมพัทธ์เรณูของสนสามใบบนผ้าฝ้ายและผ้าเดนิมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความซุกซุมสัมพัทธ์เรณูของสนสามใบบนผ้าพอลิเอสเตอร์ และเรณูของลำพูทะเลบนผ้าฝ้ายและผ้าเดนิมมีแนวโน้มลดลง หลังจากการซักล้าง นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความซุกซุมสัมพัทธ์เรณูของสนสามใบบนผ้าพอลิเอสเตอร์และเรณูของอินทนิลน้ำ กระดุมทองเลื้อย กล้วยาจรจบดอกเหลืองและกกอีลิปต์บนผ้าฝ้ายและผ้าเดนิม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นถึงแม้ว่าจะผ่านการซักโดยใช้เครื่องซักผ้าก็ตาม (ภาพที่ 23) อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าค่าความซุกซุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูบนผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเตอร์ และ ผ้าเดนิม ที่ได้หลังจากการซักล้างโดยการใช้วิธีเดียวกัน รวมถึงค่าความซุกซุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่พบบนผ้าชนิดเดียวกันหลังจากการซักล้างโดยวิธีที่แตกต่างกันนั้นมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

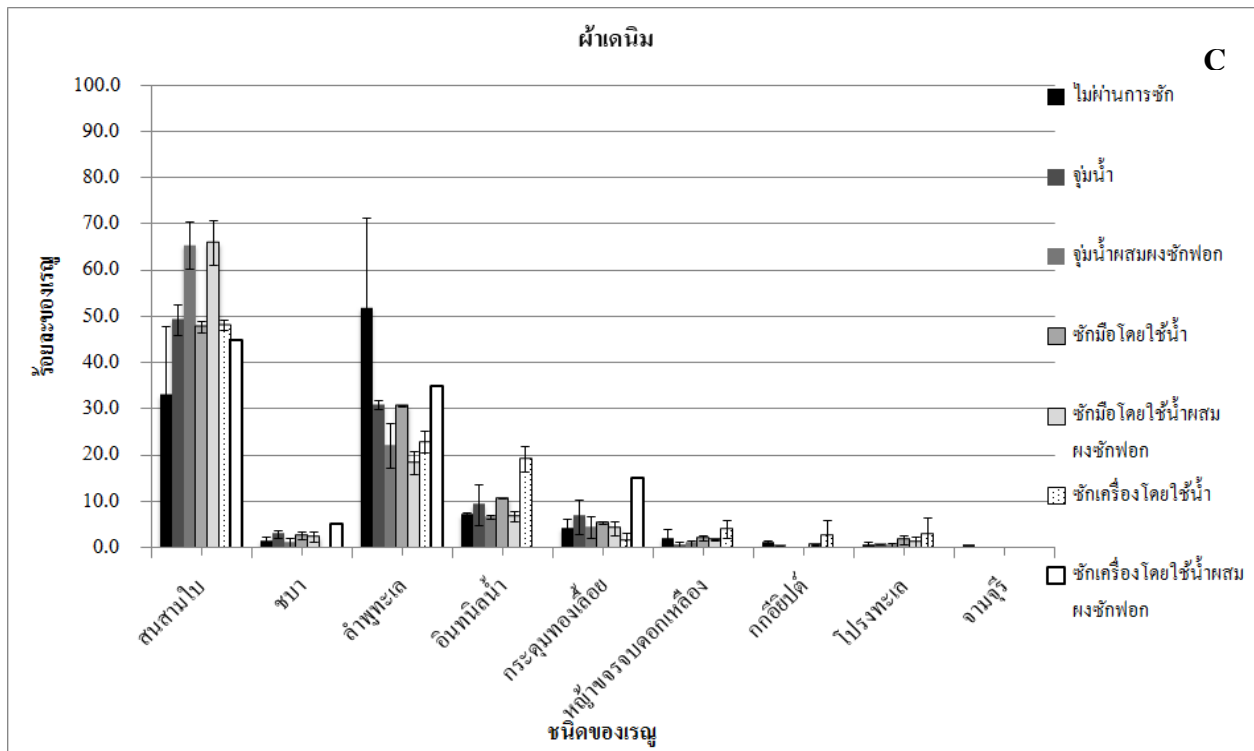


ภาพที่ 21 สปอร์และเรณูติดบนเส้นใยหรือแทรกอยู่ระหว่างเส้นใยผ้าชนิดต่างๆ A-B; (A) ผ้าฝ้าย; (B) ผ้าพอลิเอสเตอร์; (C) ผ้าเดนิม (สเกลของภาพมีขนาดเท่ากับ 300 ไมโครเมตร)



ภาพที่ 22 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยจำนวนรวมสปอร์และเรณูในผ้าชนิดต่างๆ (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (2 ซ้ำ)





ภาพที่ 23 กราฟแสดงค่าความซุกซุ่มสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูในผ้าชนิดต่างๆ A-C; (A) ผ้าฝ้าย; (B) ผ้าพอลิเอสเตอร์; (C) ผ้าเดนิม (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (2 ซ้ำ)

บทที่ 4

บทวิจารณ์

1. การหาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการละลายกาวจากเทปกาว

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการละลายกาวจากเทปกาว โดยใช้ตัวทำละลายสี่ชนิดประกอบด้วย ไดมethylฟอร์มาไมด์ เอทิลอะซิเตต สเปรย์ซัดคราบกาวและน้ำยาเชื่อมอะคริลิไคราพบพบว่าตัวทำละลายทุกชนิดสามารถทำให้กาวที่อยู่บนเทปกาวทั้งสามชนิดหลุดออกได้ อย่างไรก็ตามภายหลังจากการใช้สเปรย์ซัดคราบกาวเป็นตัวทำละลายในการสกัดสปอร์และเรณูออกจากเทปกาวพบว่าสเปรย์ซัดคราบกาวสามารถทำให้กาวหลุดออกจากเทปกาวทั้งสามชนิดได้ แต่กาวที่หลุดออกมาทั้งหมดจะจับตัวกันเป็นก้อนที่มีลักษณะเป็นยางสีดำที่ภายในกาวจะมีสปอร์และเรณูติดอยู่ส่งผลให้ไม่สามารถนำสปอร์และเรณูมาสกัดในขั้นตอนต่อไปได้ การใช้เอทิลอะซิเตตและน้ำยาเชื่อมอะคริลิไคราเป็นตัวทำละลาย พบว่าตัวทำละลายทั้งสองชนิดสามารถทำให้กาวบนเทปกาวหลุดออกมาได้ทั้งหมด แต่ตัวทำละลายทั้งสองชนิดไม่สามารถละลายกาวและทำให้สปอร์และเรณูที่ติดอยู่กับกาวหลุดออกได้ โดยในกรณีใช้น้ำยาเชื่อมอะคริลิไคราเป็นตัวทำละลาย กาวจะแยกชั้นอยู่บริเวณด้านบนของตัวทำละลาย ในทางกลับกันการใช้เอทิลอะซิเตตเป็นตัวทำละลายเอทิลอะซิเตตจะแยกชั้นอยู่บริเวณด้านล่างของตัวทำละลาย

เป็นที่น่าสนใจว่าไดเมทิลฟอร์มาไมด์จะมีความแตกต่างจากตัวทำละลายชนิดอื่น กล่าวคือสามารถละลายกาวบนเทปกาวทั้งสามชนิดได้ ส่งผลให้ทำการตกตะกอนสปอร์และเรณูได้ จึงสามารถทำการวิเคราะห์สปอร์และเรณูที่เก็บโดยใช้เทปกาวได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้ไดเมทิลฟอร์มาไมด์ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุดในการสกัดสปอร์และเรณูออกจากเทปกาวทั้งสามชนิดในขั้นตอนต่อไป โดยสาเหตุที่ไดเมทิลฟอร์มาไมด์สามารถละลายกาวที่ติดอยู่บนเทปกาวและทำให้สปอร์และเรณูหลุดออกมาได้ เนื่องจากกาวบนเทปกาวส่วนใหญ่จะเป็นพอลิเมอร์ของอะคริลิก ซึ่งอะคริลิกเป็นโพลีเอสเตอร์ที่มี กรดอะคริลิก ($\text{CH}_2=\text{CHCO}_2\text{H}$) สารประกอบหลัก โดยจะเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (Polymerisation) ของอัลคิลอะซิเลตเอสเตอ (Czech, 2004; Czech and Milker, 2005) ซึ่งเป็นสารที่มีความเป็นขี้ผึ้ง ส่งผลให้ไดเมทิลฟอร์มาไมด์ที่เป็นตัวทำละลายที่มีความเป็นขี้ผึ้งเช่นเดียวกันสามารถทำละลายกาวบนเทปกาวได้ดี ซึ่งแตกต่างกับตัวทำละลายอีกสามชนิดที่มีสภาพความเป็นขี้ผึ้งเป็นแบบกึ่งไม่มีขี้ผึ้งและไม่มีขี้ผึ้ง ทำให้กาวไม่สามารถละลายในตัวทำละลายเหล่านี้ได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Smith et al. (1984) แสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้ตัวละลายจะต้องคำนึงถึงสมบัติความเป็นขี้ผึ้งระหว่างตัวถูกละลายและตัวทำละลายด้วยเช่น อะซิโตนเป็นตัวทำละลายมีขี้ผึ้งไม่สามารถทำละลายไขมันซึ่งเป็นสารที่ไม่มีขี้ผึ้งได้ แต่ไขมันสามารถละลายในเฮกเซนได้เนื่องจากเป็นตัวทำละลายที่ไม่มีขี้ผึ้งเช่นเดียวกัน เป็นต้น

แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าไดเมทิลฟอร์มาไมด์ จะเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุดในงานวิจัยครั้งนี้ แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าไดเมทิลฟอร์มาไมด์ เป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุดในการสกัดสปอร์และเรณูออกจากเทปกาว

เนื่องจากยังคงมีตัวทำละลายอีกหลายชนิดที่มีสภาพขี้ไคลเคียงกับไโดเมทิลฟอร์มาไมด์ ซึ่งอาจมีการศึกษาต่อไปในอนาคต

2. การสอบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบที่เหมาะสมบนแต่ละพื้นผิว

จากผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกใช้วิธีเก็บตัวอย่างพยานหลักฐานทางเรณูวิทยา คือ ชนิดของพื้นผิวที่สามารถตรวจพบสปอร์และเรณู โดยพิจารณาจากจำนวนรวมและค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณู ซึ่งเป็นเช่นเดียวกับการเก็บพยานหลักฐานหรือตัวอย่างเปรียบเทียบทางนิติวิทยาศาสตร์ชนิดอื่นๆที่มีวิธีการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกันขึ้นกับพื้นผิวและสภาพของพยานหลักฐานชนิดนั้นๆ (Lee and Ladd, 2001) เช่น การเก็บตัวอย่างน้ำลายบนผิวหนังโดยใช้วิธี Tape lifting มีประสิทธิภาพในการได้รับสารพันธุกรรมกลับคืนสูงกว่าการใช้วิธี double swab (Kenna et al., 2011) การเก็บสารพันธุกรรมจากกระพุ้งแก้มโดยใช้ กระดาษ FTA จะมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้ Buccal swabs (Milne et al., 2006) รวมถึงการเก็บพยานหลักฐานประเภทลายนิ้วแฝงที่จำเป็นจะต้องค้ำนึ่งพื้นผิวก่อนจะเลือกวิธีการเก็บที่เหมาะสม (พงศกรณ์, 2531)

จากผลการศึกษาเห็นได้ว่าผู้วิจัยได้มีการเลือกใช้สปอร์และเรณูที่มีปริมาณแตกต่างกันเพื่อให้การทดลองมีความเสมือนจริงมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากในคดีที่เกิดขึ้นจริงนักนิติวิทยาศาสตร์ไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าบนพื้นผิวในแต่ละสถานที่เกิดเหตุจะมีสปอร์และเรณูสะสมอยู่จำนวนเท่าไร ดังนั้นในการพิจารณาเลือกวิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบที่เหมาะสมที่สุดบนแต่ละพื้นผิวนั้น จะพิจารณาวิธีที่สามารถใช้เก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูที่มีปริมาณน้อยได้เป็นหลัก เนื่องจากคาดการณ์ว่าหากวิธีดังกล่าวสามารถเก็บสปอร์และเรณูที่มีปริมาณน้อยได้ดี ดังนั้นวิธีดังกล่าวควรมีประสิทธิภาพในการเก็บสปอร์และเรณูที่มีจำนวนมากเช่นเดียวกัน ตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า เมื่อความขรุขระบนพื้นผิวเพิ่มมากขึ้นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการเก็บสปอร์และเรณูมีจำนวนลดลง เนื่องจากสปอร์และเรณูสามารถฝังตัวในร่องบนพื้นผิวที่มีความขรุขระได้ ทั้งนี้เป็นธรรมชาติของเรณูที่ถูกออกแบบให้ฝังตัวและยึดติดกับพื้นผิว (Mildenhall, 2006) ส่งผลให้บางวิธีที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถเก็บสปอร์และเรณูที่ฝังตัวอยู่ในร่องดังกล่าวได้ ซึ่งสามารถสังเกตได้จากค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่แตกต่างกับตัวอย่างเปรียบเทียบ ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้วิธีการนั้นในการเก็บสปอร์และเรณูจากสถานที่เกิดเหตุได้

โดยจากผลการศึกษาพบว่าวิธีที่ไม่สามารถใช้เก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูบนพื้นผิวได้ ประกอบด้วย การใช้เทปกาวทั้งสามชนิด จากตารางที่ 4 พบว่าการใช้เทปกาวทั้งสามชนิดในการเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณู จะสามารถใช้ได้เฉพาะในพื้นที่ผิวเรียบที่มีปริมาณมากเกินพอเท่านั้น (5 มิลลิลิตร) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการไม่สามารถเก็บสปอร์และเรณูที่ฝังตัวอยู่ในร่องของพื้นผิวที่มีความขรุขระได้ อีกทั้งในขั้นตอนการสกัดสปอร์และเรณูออกจากเทปกาวพบว่ามีกาวบางส่วนจับตัวกันเป็นก้อนและไม่ละลายในตัวทำละลายอย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์สปอร์และเรณูที่มีในปริมาณน้อยได้ ดังนั้นทำให้ไม่สามารถใช้เทปกาวทั้งสามชนิดในการเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูบนพื้นผิวทั้งสี่ชนิดได้ เช่นเดียวกับการใช้ผ้าเช็ดเก็บฝุ่น กล่าวคือแม้ว่าผ้าเช็ด

เก็บฝุ่นจะสามารถใช้เก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูได้ในทุกพื้นผิวที่ปริมาณสปอร์และเรณูมากเกินพอ (5 มิลลิเมตร) แต่เมื่อพิจารณาสปอร์และเรณูที่มีปริมาณน้อยพบว่าไม่สามารถใช้วิธีการดังกล่าวได้ โดยการเก็บตัวอย่างโดยใช้ผ้าเช็ดเก็บฝุ่นผู้วิจัยได้ใช้การถูผ้าไปบนพื้นที่ที่ต้องการเก็บตัวอย่างเช่นเดียวกับการศึกษาก่อนหน้านี้ (Preusche and Weber., 2014; Nguyen and Weber., 2015) ซึ่งการถูอาจไม่สามารถเก็บสปอร์และเรณูที่ยังอยู่ฝังตัวอยู่ในร่องของพื้นผิวที่มีความขรุขระได้ อีกทั้งอาจเกิดมาจากสารเคมีที่ผู้ผลิตได้มีการเคลือบไว้บนผ้าเช็ดเก็บฝุ่นเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้สามารถดักจับฝุ่นได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสารเคมีดังกล่าวอาจจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นไว้บนผ้าทำให้สปอร์และเรณูที่ฝังตัวอยู่ในเส้นใยของผ้าหลุดออกมาได้โดยยาก ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อสปอร์และเรณูที่มีปริมาณน้อยทำให้ค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่ได้แตกต่างกับค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูจากตัวอย่างเปรียบเทียบ

สิ่งประดิษฐ์พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการใช้เครื่องดูดฝุ่นที่จะต้องมีการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ทุกชิ้นรวมทั้งต้องมีการเปลี่ยนแผ่นกรองฝุ่นทุกครั้งเมื่อมีการเปลี่ยนตัวอย่าง ซึ่งการล้างทำความสะอาดอาจทำให้สปอร์และเรณูที่มีน้อยหายไปได้ นอกจากนี้สิ่งประดิษฐ์ยังมีการปรับเปลี่ยนแผ่นกรองฝุ่นของเครื่องดูดฝุ่นให้อยู่บริเวณส่วนหน้าแทนที่แบบเดิมที่อยู่บริเวณส่วนท้าย เพื่อลดการสูญเสียสปอร์และเรณูจากการล้างทำความสะอาด แต่ปัญหาที่พบภายหลังการใช้สิ่งประดิษฐ์ นั้นคือยังคงมีสปอร์และเรณูหลงเหลืออยู่บนพื้นผิวภายหลังการเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณู ซึ่งคาดว่าเกิดมาจากการเปลี่ยนตำแหน่งของแผ่นกรองฝุ่นให้มาอยู่บริเวณด้านหน้า ส่งผลแรงที่ใช้ดูดเก็บสปอร์และเรณูมีไม่มากพอ จึงทำให้ไม่สามารถใช้สิ่งประดิษฐ์ในการเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูบนพื้นผิวใดๆได้

ภายหลังการใช้เครื่องดูดฝุ่นในการเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูบนพื้นผิวคอนกรีตซึ่งเป็นพื้นผิวมีความขรุขระพบว่าค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่ได้ไม่แตกต่างกับค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูจากตัวอย่างเปรียบเทียบได้ในทุกปริมาณ ทั้งนี้อาจเนื่องจากเครื่องดูดฝุ่นสามารถดูดเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูที่แทรกตัวอยู่ระหว่างร่องบนพื้นผิวดังกล่าวได้ แต่อย่างไรก็ตามการใช้เครื่องดูดฝุ่นไม่สามารถใช้เก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูบนพื้นผิวอิฐทางเดินและยางมะตอยได้ ซึ่งสาเหตุเนื่องจากการที่พื้นผิวดังกล่าวมีร่องบนพื้นผิวมีความลึกและซับซ้อนกว่าในพื้นผิวคอนกรีตซึ่งการใช้กำลังที่เท่ากันอาจไม่สามารถดูดเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูขึ้นมาได้ทั้งหมด เป็นที่น่าแปลกใจอย่างยิ่งว่าเครื่องดูดฝุ่นไม่สามารถดูดเก็บตัวอย่างบนพื้นผิวเรียบที่มีสปอร์และเรณูปริมาณน้อยได้ ทั้งนี้มีความเป็นไปได้ว่าสาเหตุเกิดจากสารผสมสปอร์และเรณูที่แห้งลงสามารถเคลือบติดกับพื้นผิวเรียบได้อย่างดี ทำให้กำลังของเครื่องดูดฝุ่นไม่เพียงพอต่อการดูดเก็บสปอร์และเรณูขึ้นมาจากพื้นผิวดังกล่าวได้ ส่งผลให้ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูบนพื้นผิวคอนกรีตโดยใช้วิธีดูดฝุ่น อย่างไรก็ตามแม้ว่าเครื่องดูดฝุ่นจะสามารถใช้เก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูบนพื้นผิวคอนกรีตได้ แต่การใช้วิธีดังกล่าวยังมีข้อจำกัดและข้อควรระวัง กล่าวคือในการใช้วิธีการดูดฝุ่นจะต้องมีการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ทุกชิ้นรวมทั้งต้องมีการเปลี่ยนแผ่นกรองฝุ่นทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนตัวอย่าง ซึ่งการล้างทำความสะอาดอาจทำให้สปอร์และเรณูที่มีน้อยหายไปดังนั้นนักนิเวศวิทยาศาสตร์ต้องมีความระมัดระวังเป็นอย่างมากหากมีการใช้วิธีการดังกล่าว

การใช้ไม้พินสำลีสามารถใช้เก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูบนพื้นเรียบและพื้นผิวอิฐทางเดินได้ในทุกปริมาณได้ ทั้งนี้เนื่องจากไม้พินสำลีทำมาจากเส้นใยฝ้าย ซึ่งสปอร์และเรณูสามารถฝังตัวในเส้นใยของผ้าได้ดี และคงอยู่บนเส้นใยได้เป็นระยะเวลาานาน (Jantunen and Saarinen, 2011) แต่จากการศึกษาพบว่าไม้พินสำลีและผ้าเช็ดเก็บฝุ่น ทั้งสองชนิดทำมาจากวัสดุเดียวกันคือเส้นใยของฝ้าย แต่สาเหตุที่ไม้พินสำลีสามารถเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูได้ดีกว่าในผ้าเช็ดเก็บฝุ่น เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้มีการเลือกใช้ไม้พินสำลีที่มีการจุ่มของเหลวทุกครั้งก่อนการเก็บตัวอย่างคือน้ำและน้ำยาต้านฝุ่น ซึ่งจะทำให้เส้นใยของฝ้ายบนไม้พินสำลีเปียกซึ่งตรงข้ามกับผ้าเช็ดเก็บฝุ่นที่จะมีลักษณะเป็นผ้าแห้ง ซึ่งเรณูของพืชจะสามารถเกาะติดบนผ้าฝ้ายที่เปียกได้ดีกว่าผ้าฝ้ายที่แห้ง (Jantunen and Saarinen, 2011) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจำนวนของสปอร์และเรณูที่ได้จากการใช้ไม้พินสำลีจุ่มน้ำและไม้พินสำลีจุ่มน้ำยาต้านฝุ่นจะพบว่าจำนวนสปอร์และเรณูที่ได้จากการใช้ไม้พินสำลีจุ่มน้ำจะมีจำนวนมากกว่าไม้พินสำลีจุ่มน้ำยาต้านฝุ่น ซึ่งสาเหตุคาดว่าน่าจะเกิดมาจากน้ำยาต้านฝุ่นที่ถูกผลิตขึ้นเพื่อให้สามารถกักเก็บฝุ่นได้เป็นอย่างดี จึงยากต่อการทำให้สปอร์และเรณูที่เกาะติดอยู่บนเส้นใยหลุดออกได้ส่งผลให้จำนวนสปอร์และเรณูที่ได้น้อยกว่าการใช้ไม้พินสำลีจุ่มน้ำ นอกจากนี้การใช้ไม้พินสำลีไปบนพื้นผิวโดยตรงเป็นการลดปัญหาที่เกิดจากการที่สปอร์และเรณูถูกเคลือบด้วยแอลกอฮอล์ที่แห้งลงในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้ไม้พินสำลีจุ่มน้ำเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูบนพื้นผิวเรียบและพื้นผิวอิฐทางเดิน เนื่องจากค่าความซุกซุ่มสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่ได้จากวิธีดังกล่าวมีค่าไม่แตกต่างกับค่าความซุกซุ่มสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูจากตัวอย่างเปรียบ แต่บนพื้นผิวขรุขระวิธีนี้จะใช้ได้กับปริมาณสปอร์และเรณูที่มีมากเกินพอเท่านั้น (5 มิลลิลิตร) ดังนั้นในการเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างบนพื้นผิวขรุขระจะต้องพิจารณาจากวิธีที่สามารถให้ค่าความซุกซุ่มสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูไม่แตกต่างกับค่าความซุกซุ่มสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูจากตัวอย่างเปรียบเทียบที่ปริมาณมากเกินพอร่วมกับแนวโน้มของค่าความซุกซุ่มสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูจากแต่ละวิธีที่ได้จากการเก็บตัวอย่างที่ปริมาณน้อย เพื่อพิจารณาว่าวิธีใดมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างเปรียบเทียบมากที่สุด ภายหลังจากตรวจสอบพบว่าการใช้ไม้พินสำลีจุ่มน้ำเป็นวิธีที่มีแนวโน้มของค่าความซุกซุ่มสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูใกล้เคียงกับค่าความซุกซุ่มสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูจากตัวอย่างเปรียบเทียบมากที่สุด จึงเลือกใช้ไม้พินสำลีจุ่มน้ำในการเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูบนพื้นผิวขรุขระเช่นเดียวกับที่พื้นผิวเรียบและพื้นผิวอิฐทางเดิน

อย่างไรก็ตามแม้ว่าในการศึกษาครั้งนี้จะเป็นการสอบเทียบวิธีการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบกับพื้นผิวที่พบได้ทั่วไปในชุมชนเมืองเพื่อให้ได้วิธีการที่เหมาะสมที่สุด แต่จากผลการศึกษาที่ได้กลับพบว่ามีความแตกต่างกับผลการศึกษาก่อนหน้า เช่น การศึกษาของ Preusche and Weber (2014) และ Nguyen and Weber (2015) มีการใช้ผ้าเช็ดเก็บฝุ่นในการเก็บตัวอย่างเรณูบนพื้นผิวเรียบภายในบ้าน รวมถึงการศึกษาของ O'rouke and Lebowitz (1984) ที่ได้มีการเลือกใช้วิธีการดูดฝุ่นในการเก็บตัวอย่างเรณูจากพรมภายในที่อยู่อาศัย เป็นต้น ซึ่งสิ่งสำคัญที่นักนิเวศวิทยาควรคำนึงถึงในการเก็บตัวอย่างพยานหลักฐานทางเรณูวิทยาคือคำถามที่ใช้เป็นแนวทางในการตรวจพิสูจน์ในคดีนั้นๆ รวมถึงข้อจำกัดที่เกิดขึ้นในแต่ละคดี เพื่อที่จะสามารถเลือกใช้วิธีการเก็บที่เหมาะสมกับแต่ละคดีที่เกิดขึ้นได้โดยวิธีที่เหมาะสมในคดีหนึ่งอาจไม่สามารถใช้เก็บ

ตัวอย่างในอีกคดีหนึ่งก็เป็นได้ (Mildenhall, 2006) เช่น ผ้าเช็ดเก็บฝุ่นสามารถใช้เก็บตัวอย่างเปรียบเทียบ สปอร์และเรณูบนพื้นผิวเรียบได้เช่นเดียวกัน (Preusche and Weber., 2014; Nguyen and Weber., 2015) แต่เหมาะสำหรับการศึกษาค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ที่เป็นภาพรวมของพื้นที่เท่านั้น แต่การใช้ไม้พินสำลิจุ่มน้ำในการเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูบนพื้นผิวเรียบจะให้ความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่มีความจำเพาะกับบริเวณที่สถานเกิดเหตุมากกว่าเป็นต้น ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่นักนิติวิทยาศาสตร์ต้องมีความรู้ความเข้าใจในพยานหลักฐานแต่ละชนิดรวมทั้งต้องพิจารณาแต่ละคดีที่เกิดขึ้นอย่างละเอียดรอบคอบ เพื่อจะใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้วิธีการในการเก็บตัวอย่าง ซึ่งหากมีการเลือกวิธีเก็บที่ไม่เหมาะสมจะสามารถส่งผลต่อการตรวจพิสูจน์ได้

3. การแพร่กระจายและศักยภาพของเรณูของสปอร์และเรณูที่พบในชุมชนเมือง

เมื่อพิจารณาผลการทดลองการแพร่กระจายของสปอร์และเรณูในชุมชนเมืองพบว่า สปอร์และเรณูของพืชสามารถแพร่กระจายได้ในทุกพื้นที่ของชุมชนเมืองไม่เฉพาะในบริเวณป่าที่มีต้นไม้หนาแน่นเท่านั้น ทั้งนี้ในแต่ละพื้นที่จะมีชนิดและปริมาณของสปอร์และเรณูแตกต่างกัน ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Wiltshire (2006), Wiltshire et al. (2014) และ Wiltshire et al. (2015) ที่พบว่าค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่พบในแต่ละสถานที่เกิดเหตุในเขตชุมชนเมืองมีความแตกต่างกัน โดยความแตกต่างดังกล่าวมีสาเหตุมาจากในแต่ละพื้นที่จะมีปัจจัยที่ส่งผลการแพร่กระจายของสปอร์และเรณู (Taphonomic factors) แตกต่างกัน ส่งผลให้สปอร์และเรณูมีความจำเพาะและแตกต่างกับบริเวณอื่น (Wiltshire et al., 2015)

จากการสำรวจพันธุ์พืชที่พบในชุมชนเมืองส่วนใหญ่พืชที่พบจะเป็นพืชไม้ดอกไม้ประดับที่นิยมปลูกประดับตกแต่งเพื่อความสวยงาม ยกตัวอย่างเช่น *Acacia* sp. *Crinum* sp. *Lagerstroemia* sp. *Caesalpinia* sp. *Cassia* sp. *Mimusops* sp. *Terminalia* sp. *Ixora* sp. *Gomphrena* sp. *Bougainvillea* sp. *Leucaena* sp. *Gardenia* sp. *Jancaranda* sp. *Asplenium* sp. เป็นต้น ซึ่งพืชเหล่านี้สามารถพบได้ทั่วไปทั้งโดยรอบบริเวณที่พักอาศัย เกาะกลางถนน หรือแม้แต่วิวทางเท้าซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งส่งผลให้สปอร์และเรณูที่พบในตัวอย่างจากชุมชนเมืองส่วนใหญ่เป็นสปอร์และเรณูของไม้ดอกไม้ประดับชนิดดังกล่าว นอกจากนี้พบว่าในตัวอย่างจากบางพื้นที่ที่ทำการศึกษาที่มีพืชกำลังออกดอกขณะทำการเก็บตัวอย่างจะสามารถตรวจพบเรณูของพืชกลุ่มดังกล่าวได้เป็นจำนวนมากประกอบด้วย เรณูของ *Acacia* sp. (ภาพที่ 10A) พบเป็นจำนวนมากบริเวณศูนย์อาหารโรงช้าง เรณูของ *Crinum* sp. (ภาพที่ 11F) และ *Jancaranda* sp. (ภาพที่ 12J) พบเป็นจำนวนมากบริเวณโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ เรณูของ *Mimusops* sp. (ภาพที่ 13H) และ *Lagerstroemia* sp. (ภาพที่ 13A) พบเป็นจำนวนมากบริเวณสนามกีฬาจระเข้ เรณูของ *Caesalpinia* sp. (ภาพที่ 11A) และ *Lagerstroemia* sp. (ภาพที่ 13A) พบมากบริเวณแยกเสด็จ เรณูของ *Ixora* sp. (ภาพที่ 12K) และ *Cassia* sp. (ภาพที่ 11B) พบบริเวณหน้าห้างสรรพสินค้าโลตัส สาขาหาดใหญ่ เรณูของ *Barringtonia* sp. (ภาพที่ 9I) พบมากบริเวณชายหาดชลาทัศน์ เรณูของ *Leucaena* sp.

(ภาพที่ 13B) *Gardenia* sp. (ภาพที่ 12F) พบมากที่สุดบริเวณแหล่งที่อยู่อาศัยในเมืองหาดใหญ่ เรณูของ *Ptychosperma* sp. (ภาพที่ 14G) พบบริเวณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ เรณูของ *Terminalia* sp. (ภาพที่ 14L) พบบริเวณพระอนุสาวรีย์กรมหลวงชุมพรและบริเวณหน้าโรงเรียนธิดานุเคราะห์ เรณูของ *Bougainvillea* sp. (ภาพที่ 10L) พบบริเวณสวนประวัติศาสตร์ พลเอกเปรมติณสูลานนท์ โดยผลการทดลองดังกล่าว สอดคล้องกับการศึกษาของ Zavada et al. (2007) ที่มีการพบเรณูของ Poaceae และ Asteraceae เป็นจำนวนมากในตัวอย่างเนื่องจากเป็นช่วงฤดูออกดอกของพืชชนิดดังกล่าว รวมถึงสอดคล้องกับคดีของเบาที่เกิดขึ้นในราชอาณาจักรนิวซีแลนด์มีการตรวจพบเรณูของต้น *Hypericum* เป็นจำนวนมากบนพยานหลักฐานเนื่องจากในที่เกิดเหตุมีต้น *Hypericum* ที่กำลังออกดอกเจริญเติบโตอยู่ รวมถึงการศึกษาของ Wongkot et al. (2014) พบว่าจำนวนเรณูของ *Rhizophora* sp. มีปริมาณมากในผิวน้ำดินป่าชายเลนเนื่องจากเป็นช่วงที่พืชชนิดนี้กำลังออกดอก Montail et al. (2006) กล่าวว่าในช่วงที่พืชออกดอกนั้น ส่งผลให้มีการสะสมเรณูของพืชชนิดนั้นในพื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องดำเนินการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบกับสถานที่เกิดเหตุโดยเร็วที่สุดภายหลังเกิดเหตุ (Mildenhall, 2005; Milne et al., 2004) Wiltshire (2006) ได้ระบุถึงข้อควรระวังในการเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบในช่วงฤดูใบไม้ผลิหรือช่วงต้นฤดูร้อน ว่าตัวอย่างสปอร์และเรณูที่พบในช่วงนี้จะมี ความแตกต่างกันภายในระยะเวลา 1 ถึง 2 สัปดาห์ แสดงให้เห็นว่าการเข้าเก็บตัวอย่างในที่เกิดเหตุซ้ำจะส่งผลให้เกิดปัญหาในการเปรียบเทียบค่าความซุกซุ่มสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูจากพยานหลักฐานและตัวอย่าง เปรียบเทียบจากสถานที่เกิดเหตุได้ ทั้งนี้หากมีเหตุจำเป็นที่ต้องเข้าไปยังที่เกิดเหตุซ้ำ การพิจารณาค่าความซุกซุ่มสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูจากทั้งสองแหล่งจึงจำเป็นต้องพิจารณาโดยใช้ปัจจัยเรื่องการออกดอกของพืช ในบริเวณนั้นในการร่วมด้วย (Wiltshire, 2006)

นอกจากนี้การพบเรณูของ *Acacia* sp. (ภาพที่ 10A) *Crinum* sp. (ภาพที่ 11F) *Jancaranda* sp. (ภาพที่ 12J) *Mimusops* sp. (ภาพที่ 13H) *Caesalpinia* sp. (ภาพที่ 11A) *Lagerstoemia* sp. (ภาพที่ 13A) *Ixora* sp. (ภาพที่ 12K) *Cassia* sp. (ภาพที่ 11B) *Barringtonia* sp. (ภาพที่ 9I) *Leucaena* sp. (ภาพที่ 13B) *Gardenia* sp. (ภาพที่ 12F) *Ptychosperma* sp. (ภาพที่ 14G) *Terminalia* sp. (ภาพที่ 14L) *Bougainvillea* sp. (ภาพที่ 10L) Asteraceae (ภาพที่ 9H) เป็นจำนวนมาก อาจมีผลมาจากการเป็นพืชที่แพร่กระจายเรณูโดยใช้สัตว์เป็นพาหะ (Animal-pollination) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วพืชกลุ่มนี้จะผลิตเรณูใน ปริมาณน้อย (100 - 1000 เม็ด ต่ออับเรณู) เรณูมีขนาดค่อนข้างใหญ่ เหนียว สามารถถูกเก็บรักษาได้เป็นอย่างดีและมีการแพร่กระจายในบริเวณใกล้เคียง แสดงให้เห็นว่าเรณูที่มีการแพร่กระจายโดยการใช้สัตว์เป็นพาหะมีศักยภาพในการเป็นพยานหลักฐานที่ดีเนื่องจากมีความจำเพาะกับพื้นที่เป็นอย่างมาก (Milne et al., 2004; Mildenhall, 2006)

ในทางกลับกันเรณูของพืชที่ใช้ลมเป็นพาหะในการแพร่กระจาย (Wind-pollination) เช่น เรณูของ Poaceae (ภาพที่ 14D) และ Cyperaceae (ภาพที่ 11G, 11H) นั้น จะสามารถพบได้ในทุกพื้นที่การศึกษา แม้ว่าในพื้นที่นั้นจะไม่พบต้นพืชทั้งสองชนิดนี้เลยก็ตาม ทั้งนี้เนื่องมาจากเรณูของพืชที่มีการแพร่กระจายโดยการใช้ลมเป็นพาหะมีขนาดเล็กมากโดยมีขนาดระหว่าง 20 - 60 ไมโครเมตร (ในกรณีที่เล็กสุดมีขนาด 7

ไมโครเมตรและขนาดใหญ่ที่สุดที่พบคือ 200 ไมโครเมตร) มีการผลิตเรณูเป็นจำนวนมาก ยกตัวอย่างเช่น สนจะผลิตเรณูระหว่าง 100,000 ถึง 1.5 ล้านเม็ด ต่อหนึ่งโคนเพศผู้ กล้วยาหนึ่งดอกจะสามารถผลิตเรณูได้ 60,000 และ 80,000 เม็ด ต่อดอก, และเรณูของต้น Alder ดอกหนึ่งช่อสามารถสร้างเรณูตั้งแต่ 4 ถึง 6 ล้านเม็ดต่อช่อ เป็นต้น อีกทั้งเรณูในกลุ่มนี้จะเป็นเรณูที่สามารถแพร่กระจายไปได้ไกล ซึ่งประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์จะแพร่กระจายอยู่ภายในรัศมีสองกิโลเมตรจากแหล่งกำเนิดและมีบางชนิดแพร่กระจายภายใน 100 เมตร (Mildenhall, 2006) โดยจากงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่าเรณูของพืชที่พบได้ยากบางชนิดสามารถแพร่กระจายได้หลายพันกิโลเมตร เช่น เรณูของ *Ambrosia* ที่มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณพื้นที่ฝั่งตะวันออกของสหพันธรัฐอเมริกา แต่กลับพบว่ามีการสะสมอยู่ในฝั่งตะวันตกของสหราชอาณาจักรสกอตแลนด์ด้วย (Birks, 1973) และพบว่า เรณูบนเกาะ Chatham Island ส่วนหนึ่งเป็นเรณูที่มาจากราชอาณาจักรนิวซีแลนด์ซึ่งห่างจากบริเวณนี้ 700 กิโลเมตร (Mildenhall, 1976) นอกจากนี้จากการศึกษาก่อนหน้านี้ยังแสดงให้เห็นว่าการพบเรณูที่การแพร่กระจายโดยใช้ลมเป็นพาหะมีปริมาณน้อยในตัวอย่างคาดการณ์ได้ว่าจะมีการแพร่กระจายมาจากบริเวณอื่น ส่งผลให้เรณูในกลุ่มนี้มีศักยภาพในการเป็นพยานหลักฐานต่ำ (Milne et al., 2004) แต่หากพบเรณูกลุ่มนี้เป็นจำนวนมากในตัวอย่างจะมีโอกาสสูงที่จะพบพืชชนิดนั้นอยู่ในบริเวณที่สุ่มเก็บตัวอย่าง ซึ่งจะส่งผลให้เรณูชนิดนั้นมีศักยภาพในการเป็นพยานหลักฐานที่ดี (Wiltshire, 2006) ซึ่งสอดคล้องกับตัวอย่างที่จากบริเวณสวนสองทะเล ซึ่งพื้นที่โดยรอบมี *Casuarina* sp. เป็นพืชที่ใช้ลมเป็นพาหะในการแพร่กระจายเจริญเติบโตเป็นจำนวนมาก

จากภาพที่ 8 พบว่าเรณูของ Moraceae (ภาพที่ 13K) เป็นอีกชนิดหนึ่งที่สามารถพบได้ทั่วในเกือบทุกพื้นที่ ทั้งๆที่ไม่พบต้นของ Moraceae ในพื้นที่การศึกษาใดเลย แต่สาเหตุที่สามารถพบเรณูของ Moraceae ได้ เนื่องจาก Moraceae เป็นพืชที่สามารถออกดอกได้ตลอดทั้งปี (Rahman and Khanom, 2013) ทำให้สามารถตรวจพบได้ในทุกพื้นที่ อย่างไรก็ตามมีพืชบางชนิด เช่น *Lagerstoemia* sp. *Tamarindus* sp. *Zephyranthes* sp. และ *Ptychosperma* sp. ที่สามารถพบต้นในบริเวณที่ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างแต่กลับไม่พบสปอร์หรือเรณูของพืชเหล่านี้เลย ซึ่งอาจมีสาเหตุจากหลายปัจจัย เช่น รูปแบบการแพร่กระจายของสปอร์และเรณูของพืชแต่ละชนิด รูปแบบการเจริญเติบโตของพืช (Mondal and Mandal 1998; Milne et al. 2004) รวมไปถึงอาจเป็นผลจากภูมิอากาศจุลภาค (Microclimate) เช่น ฤดูกาล อุณหภูมิ ความชื้น ลม แดด ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชส่งผลทำให้พืชสร้างไม่ผลิตเรณูในช่วงเวลาดังกล่าว เป็นต้น (Herlihy and Delph 2009; Jochner et al. 2011; Aguilera and Valenzuela 2012)

เรณูของ *Casuarina* sp. (ภาพที่ 11C) เป็นเรณูอีกชนิดหนึ่งที่สามารถพบได้ในเกือบทุกพื้นที่ แม้ว่าในบางพื้นที่จะพบต้นของ *Casuarina* sp. เจริญเติบโตอยู่แต่จากการสำรวจไม่พบดอกของ *Casuarina* sp. ขณะทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วสนทะเลจะออกดอกปีละสองครั้ง ช่วงแรกคือตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงต้นเดือนสิงหาคมและตุลาคมถึงต้นเดือนมกราคม (Nagarajan et al., 2005) แต่ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนกันยายน 2560 แต่กลับพบเรณูของ *Casuarina* sp. เป็นจำนวนมากทั้งนี้คาดว่าเรณูที่พบน่าจะมาจากการสะสมของเรณูในพื้นที่ผิว ซึ่ง *Casuarina* sp. จะมีการสร้างเรณูเป็นจำนวน

มากเนื่องเป็นพืชที่มีการแพร่กระจายโดยใช้ลมเป็นพาหะทำให้อาจสามารถถูกสะสมและคงสภาพไว้บนพื้นผิวได้เป็นจำนวนมาก จึงทำให้เมื่อระยะเวลาผ่านไปยังคงสามารถพบเรณูของ *Casuarina* sp. ได้ ซึ่งจากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าเมื่อหลายปีปัจจัยสามารถส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของเรณูได้ประกอบด้วย ปัจจัยภายใน ได้แก่ ปริมาณของ sporopollenin ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญที่พบอยู่ในผนังเรณูชั้นนอกสุด (ชั้นเอ็กซิน) สามารถทนต่อกรดได้ (Milne et al., 2004) แต่หากมีความไวต่อการเกิดออกซิเดชันเป็นอย่างมาก (Woolfenden, 1996; Havinga, 1967) ซึ่งความแตกต่างของอัตราส่วน sporopollenin ในชั้นเอ็กซินจะเป็นตัวกำหนดความคงทนของเรณูแต่ละชนิด (Havinga, 1971; Havinga, 1984) จากการศึกษาของ Havinga (1964) พบว่าเรณูที่มีปริมาณ sporopollenin ในชั้นเอ็กซินน้อยจะเกิดการเสื่อมสภาพได้เร็ว ดังนั้นการเกิดออกซิเดชันจะแปรผกผันต่อปริมาณ sporopollenin ในผนังเรณู โครงสร้างพื้นฐานวิทยาและลวดลายบนผนังเรณูเป็นปัจจัยที่สามารถส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของเรณูได้ ซึ่งจากงานวิจัยพบว่าเรณูที่มีลวดลายบนผนังเรณูชั้นนอกที่มีลักษณะเรียบ (Psilate) จะมีความทนทานต่อการออกซิเดชันน้อยกว่าลวดลายแบบอื่น และปัจจัยภายนอกประกอบด้วย ปัจจัยทางเคมี พบว่าบริเวณที่มีค่า Eh และ pH ต่ำจะทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ถูกยับยั้งส่งผลให้เรณูสามารถทนสภาพอยู่ได้หลายพันปี นอกจากนี้ยังพบว่าบริเวณที่มีความเค็มต่ำกว่าจะทำให้เรณูมีการเสื่อมสภาพกว่าเรณูที่อยู่ในบริเวณที่มีความเค็มสูงกว่า (Bryant et al., 1994; Bryant, 2005) ปัจจัยทางกล อาทิ การเสียดสีโดยการพัดพาของน้ำ หรือค่าความดันที่สูงเกินไปอาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งซึ่งส่งผลให้เรณูเสื่อมสภาพได้เร็ว (Bryant and Hall, 1993; Bryant et al., 1994) รวมถึงปัจจัยทางชีวภาพ เช่น แบคทีเรีย ไคทริด (chytrids) และเชื้อราบางชนิดจะทำให้อัตราเร็วในการเสื่อมสภาพของเรณูเพิ่มขึ้น (Bryant, 2005) โดยสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะเข้าไปกินไซโตพลาสซึม (cytoplasm) ภายในเรณู บริเวณที่เป็นช่องเปิดหรือบริเวณที่มีผนังบาง ส่งผลให้เรณูเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว (Elsik, 1966; Holloway, 1989) ซึ่งหากเรณูอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมเรณูก็จะสามารถคงอยู่ในสถานที่เกิดเหตุได้นานหลายปี (Wiltshire, 2006) ยกตัวอย่างเช่น ในคดีที่มีการลักลอบปลูกกัญชาในราชอาณาจักรนิวซีแลนด์เพื่อหลีกเลี่ยงการตรวจจับของเจ้าหน้าที่ตำรวจ ในการคดีนี้ได้มีการใช้ยานหลักฐานทางเรณูวิทยา โดยทำการตรวจวิเคราะห์เรณูจากเชือกและบริเวณพื้นภายในตึก ผลการตรวจสอบพบเรณูของกัญชาในบริเวณพื้นที่ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ามีกัญชาถูกเก็บหรือเจริญเติบโตในบริเวณนี้มาก่อน แม้ว่าผู้ต้องสงสัยก็ออกจากพื้นที่นี้ไปแล้ว 5 ถึง 6 ปี แล้วก็ตาม นอกจากนี้ยังมีการพบสปอร์ของเฟิร์นในตัวอย่างที่ได้จากบริเวณสนามกีฬาในราชอาณาจักรนิวซีแลนด์ซึ่งในบริเวณนี้เคยมีต้นเฟิร์นเจริญเติบโตอยู่แต่ถูกกำจัดไปเมื่อ 30 ที่แล้ว เป็นต้น (Mildenhall, 2006)

นอกจากปัจจัยที่กล่าวมาในข้างต้นจะสามารถส่งผลต่อการแพร่กระจายของสปอร์และเรณูได้ อีกปัจจัยที่สามารถส่งผลต่อการแพร่กระจายของสปอร์และเรณูในชุมชนเมืองได้ คือ มนุษย์ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า ในพื้นที่ร่มภายในอาคารก็สามารถพบสปอร์และเรณูของพืชได้เป็นจำนวนมาก แม้ว่าในบริเวณนั้นจะไม่พบต้นพืชเจริญเติบโตอยู่ใกล้กับบริเวณที่ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเลยก็ตาม ประกอบด้วย เรณูของ *Casuarina* sp. (ภาพที่ 11C) *Ixora* sp. (ภาพที่ 12K) *Stenochlaena* sp. (ภาพที่ 14K) Asteraceae (ภาพที่ 10H) Fagaceae (ภาพที่ 11E) และ *Lagerstroemia* sp. (ภาพที่ 12A) พบบริเวณสถานีรถไฟหาดใหญ่ เรณูของ

Lagerstroemia sp. (ภาพที่ 13A) Asteraceae (ภาพที่ 10H) *Davallia* sp. (ภาพที่ 11I) Dipterocarpaceae (ภาพที่ 11J) Cyperaceae (ภาพที่ 11G และ 11H) และ *Typha* sp. (ภาพที่ 15D) พบบริเวณสถานีรถไฟ หาดใหญ่ เรณู *Lagerstroemia* sp. (ภาพที่ 13A) *Casuarina* sp. (ภาพที่ 11C) Asteraceae (ภาพที่ 10H) และ *Terminalia* sp. (ภาพที่ 14L) พบบริเวณร้านหนังสือชื่อร้าน หนังสือเล็กๆ ในเมืองสงขลา เรณูของ *Sonneratia alba* (ภาพที่ 14J) *Ixora* sp. (ภาพที่ 12K) *Rhizophora* sp. (ภาพที่ 14G) *Caesalpinia* sp. (ภาพที่ 11A) Asteraceae (ภาพที่ 10H) และ *Stenochlaena* sp. (ภาพที่ 14K) พบบริเวณทางเข้าหน้าร้าน Sin Tonic เรณูของ Asteraceae (ภาพที่ 10H) Anacardiaceae (ภาพที่ 10B) Arecaceae (ภาพที่ 10F) *Elaeis* sp. (ภาพที่ 11K) Fabaceae indet 1 (ภาพที่ 12C) *Gomphrena* sp. (ภาพที่ 12G) และ *Casuarina* sp. (ภาพที่ 11C) พบบริเวณห้างสรรพสินค้า เซนทรัลเฟสติวัล สาขาหาดใหญ่ เรณูของ *Solanum* sp. (ภาพที่ 14I) *Terminalia* sp. (ภาพที่ 14L) *Cassia* sp. (ภาพที่ 11B) *Asplenium* sp. และ Asteraceae (ภาพที่ 10H) พบบริเวณหน้าหอณาฬิกาเทศบาลนคร หาดใหญ่ เรณูของ *Terminalia* sp. (ภาพที่ 14L) *Asplenium* sp. (ภาพที่ 10G) และ *Cassia* sp. (ภาพที่ 11B) พบบริเวณหน้าโรงพยาบาล หาดใหญ่ เรณูของ *Mimusops* sp. (ภาพที่ 13H) พบบริเวณหน้าโรงเรียนธิดานุเคราะห์ โดยซึ่งพื้นที่เหล่านี้ ส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่ร่มภายในอาคารหรือเป็นพื้นที่ที่ไม่มีพืชเจริญเติบโตอยู่ สปอร์และเรณูที่พบนี้คาดว่า เป็นสปอร์และเรณูของพืชที่ติดมากับรองเท้าหรือเสื้อผ้าของผู้คนที่มีการเข้าออกในพื้นที่บริเวณนี้ ซึ่งบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่มีผู้คนพลุกพล่านและมีผู้คนเข้าออกอยู่ตลอดเวลาทำให้สปอร์และเรณูจากเสื้อผ้า รองเท้า สามารถถ่ายโอนจากสถานที่หนึ่งมายังสถานที่หนึ่งได้ (Zavada et al., 2007; Takahashi et al., 2008; Jantunen and Saarinen, 2011) เช่น มีการพบเรณูของ *Sonneratia alba* (ภาพที่ 14J) และ *Rhizophora* sp. (ภาพที่ 14I) เป็นจำนวนมากในตัวอย่างจากบริเวณทางเดินหน้าร้าน sin tonic แต่ไม่พบ ต้นพืชดังกล่าวเจริญเติบโตอยู่ในบริเวณนี้ ซึ่งเมื่อสอบถามเจ้าของร้านพบว่าก่อนหน้าที่ผู้วิจัยจะทำการเก็บ ตัวอย่างได้มีนักท่องเที่ยวเดินทางไปที่เที่ยวบริเวณป่าชายเลนและทะเลมาก่อนจะมารับประทานอาหารในร้าน ดังกล่าว นอกจากนี้ยังมีการพบเรณูของ *Alnus* sp. (ภาพที่ 10D) ในตัวอย่างที่ได้จากสถานีรถไฟ ซึ่งพืชชนิดนี้ ไม่พบในประเทศไทย เป็นไปได้ว่าเรณูชนิดนี้ได้ติดมากับนักท่องเที่ยวต่างชาติ จากการศึกษาก่อนหน้านี้ แสดงให้เห็นว่ากลุ่มของสปอร์และเรณูที่พบบนพื้นผิวจะมีความแตกต่างกันและไม่สามารถคาดเดาได้ (Horrocks et al., 1998) โดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาวะแวดล้อมในเมืองและที่พักอาศัย ซึ่งเป็นผลมาจากสปอร์ และเรณูที่ตกลงมาในพื้นที่ ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของปี แต่ส่วนใหญ่จะเกิดจากการสะสมบนพื้นผิวเป็น เวลานานหลายปี นอกจากนี้ยังมี Taphonomic factors หลายชนิดที่สามารถส่งผลต่อการแพร่กระจายของ สปอร์และเรณูที่พบในชุมชนเมืองได้ เช่น กลไกการแพร่กระจายของเรณูแต่ละชนิด น้ำหนักและรูปร่างของ เรณูแต่ละชนิด การสะสมของเรณูที่มีอยู่ก่อนหน้า ความสามารถในการส่งเสริมหรือยับยั้งการสลายตัวของ sporopollenin สภาพภูมิอากาศ พฤติกรรมของสัตว์ ผลกระทบจากคนและสิ่งกีดขวางระหว่างแหล่งกำเนิด และพื้นที่โดยรอบ ซึ่งสิ่งกีดขวาง อาทิเช่น กำแพง รั้ว จะส่งผลต่อการไหลเวียนของอากาศทำให้ผลจากตัวอย่าง เปรียบเทียบ โดยจากการทดลองก่อนหน้านี้พบว่ากลุ่มของเรณูที่พบบนผนังจะสามารถเป็นตัวบ่งชี้ถึงพืชที่อยู่ โดยรอบสถานที่เกิดเหตุได้ดีกว่าเรณูที่พบบนพื้น (Mildenhall, 2006; Wiltshire, 2006)

การสะสมของสปอร์และเรณูในแต่ละพื้นที่ จากผลการทดลองจะเห็นว่าจำนวนรวมของสปอร์และเรณูที่ได้จาก บริเวณแยกเสียงตึ๊ง หน้าโรงเรียนธิดานุเคราะห์ หน้าโรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย หน้าหอพักภาคบาลนครหาดใหญ่ มีจำนวนน้อยกว่าสามร้อยเม็ดทั้งนี้คาดว่าน่าจะเป็นผลมาจากในระหว่างการเก็บตัวอย่างที่ดำเนินการภายหลังฝนตกทำให้ปริมาณสปอร์และเรณูที่สะสมอยู่บนพื้นผิวถูกชะล้าง (Wiltshire, 2006) ทำให้สปอร์และเรณูที่ได้มีจำนวนน้อยกว่าในพื้นที่อื่น นอกจากนี้พื้นที่ที่มีการทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ โดยการทำความสะอาดเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการสะสมของสปอร์และเรณูทำให้พบจำนวนรวมของสปอร์และเรณูน้อยกว่าสามร้อยเม็ดเช่นเดียวกัน เช่น บริเวณศูนย์อาหารโรงช้างภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และบริเวณห้างสรรพสินค้า เซนทรัลเฟสติวัล เป็นต้น

จากการศึกษาก่อนหน้าที่มีการศึกษาคุณค่าทางนิติวิทยาศาสตร์ของพืชไม้ดอกไม้ประดับในพื้นที่ริมพบว่า เรณูของ *Spathiphyllum* บนพื้นภายในบ้านหลังการนำต้นออกไปจากที่ปักจะมีปริมาณลดลง ทั้งนี้ อาจเป็นผลจากขั้นตอนการสุ่มเก็บตัวอย่าง การทำความสะอาด ร่วมกับอิทธิพลจากเรณูที่อยู่ภายนอกอาคาร ส่งผลให้เรณูของพืชชนิดดังกล่าวมีจำนวนลดลงอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าการทำความสะอาดจะทำให้เรณูของ *Spathiphyllum* ลดลงแต่ก็ยังสามารถพบเรณูในปริมาณน้อยได้ (ปริมาณ 0.5-5 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งจากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นถึงคุณค่าทางนิติวิทยาศาสตร์ของเรณู *Spathiphyllum* ที่แม้ว่าจะมีการทำความสะอาดแต่ก็ยังสามารถพบเรณูได้อยู่ (Nguyen and Weber, 2015)

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงคุณค่าทางนิติวิทยาศาสตร์ของสปอร์และเรณูที่พบในชุมชนเมืองที่มีการแพร่กระจายที่แตกต่างกันทำให้ในแต่ละพื้นที่มีค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูมีความจำเพาะส่งผลให้สปอร์และเรณูมีศักยภาพในการเป็นพยานหลักฐานที่ดีในการเชื่อมโยงวัตถุหรือบุคคลที่เกี่ยวข้องเข้ากับสถานที่เกิดเหตุได้

4. ค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูบนเนื้อผ้าชนิดต่างๆ

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาศักยภาพของสปอร์และเรณูบนผ้าทั้งสามชนิด โดยใช้สปอร์และเรณูที่พบในแต่ละพื้นที่ในชุมชนเมืองเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบ (Comparator sample) ประกอบด้วย สถานีรถไฟหาดใหญ่ (พื้นผิวเรียบ) บริเวณชายหาดชลาทัศน์ (พื้นผิวอิฐทางเดิน) บริเวณหน้าศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ (พื้นผิวคอนกรีต) บริเวณพระอนุสาวรีย์กรมหลวงชุมพร (พื้นผิวยางมะตอย) เปรียบเทียบกับสปอร์และเรณูจากเสื้อผ้า (Evidential sample) ที่ได้จากพื้นที่เดียวกัน พบว่าค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่ได้จากตัวอย่างเปรียบเทียบและในผ้าแต่ละชนิดที่ได้จากสถานที่เดียวกันจะมีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามค่าทั้งสองยังคงมีความสอดคล้องกัน อีกทั้งค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่พบในผ้าที่ได้จากในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันและมีความจำเพาะกับตัวอย่างเปรียบเทียบที่ได้จากสถานที่เดียวกัน

เมื่อพิจารณาความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่ได้จากตัวอย่างเปรียบเทียบร่วมกับค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ที่ได้จากผ้าทั้งสามชนิดที่จากแต่ละพื้นที่ (ตารางที่ 5-8) เห็นได้ว่าชนิดของเรณูที่พบได้เป็นจำนวน

มากในตัวอย่างทั้งสอง (ตัวอย่างเปรียบเทียบและผ้า) จะเป็นเรณูชนิดเดียวกัน กล่าวคือตัวอย่างที่ได้จากสถานีรถไฟหาดใหญ่ เรณูที่พบได้เป็นจำนวนมากทั้งในตัวอย่างเปรียบเทียบและในผ้าทั้งสามชนิดคือเรณูของ Moraceae (ภาพที่ 13K) Poaceae (ภาพที่ 14D) *Ixora* sp. (ภาพที่ 12K) *Casuarina* sp. (ภาพที่ 11C) Pollen indet 1 (ภาพที่ 15F) *Stenochlaena* sp. (ภาพที่ 14K) และ *Cyperaceae* indet 1 (ภาพที่ 11G) ตัวอย่างจากบริเวณชายหาดชลลัทศน์ เรณูที่พบได้เป็นจำนวนมากทั้งในตัวอย่างเปรียบเทียบและในผ้าทั้งสามชนิดคือเรณูของ *Barringtonia* sp. (ภาพที่ 10I) และ *Casuarina* sp. (ภาพที่ 11C) ตัวอย่างจากบริเวณหน้าศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เรณูที่พบได้เป็นจำนวนมากทั้งในตัวอย่างเปรียบเทียบและในผ้าทั้งสามชนิดคือเรณูของ *Ptychosperma* sp. (ภาพที่ 14G) และ Poaceae (ภาพที่ 14D) ตัวอย่างจากบริเวณพระอนุสาวรีย์กรมหลวงชุมพร (ตารางที่ 8) เรณูที่พบได้เป็นจำนวนมากทั้งในตัวอย่างเปรียบเทียบและในผ้าทั้งสามชนิดคือเรณูของ *Terminalia* sp. (ภาพที่ 14L) และ *Casuarina* sp. (ภาพที่ 11C) ทั้งนี้ถึงแม้ว่าชนิดของเรณูที่พบได้เป็นจำนวนมากในแต่ละพื้นที่จะมีความสอดคล้องกันในสองตัวอย่าง แต่เมื่อพิจารณาค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูของตัวอย่างเปรียบเทียบและในผ้าที่ได้จากสถานที่เดียวกันจะพบว่าในทุกชนิดจะมีค่าไม่เท่ากันอย่างสมบูรณ์แบบ (Perfect match) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้หลายการศึกษาที่มีการใช้สปอร์และเรณูเป็นพยานหลักฐานในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ โดยค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่ได้จากตัวอย่างเปรียบเทียบและค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ที่ได้จากพยานหลักฐาน มีโอกาสน้อยมากที่ค่าทั้งสองจะมีค่าเท่ากันอย่างสมบูรณ์แบบ (Horrocks and Walsh, 1999; Mildenhall, 2006; Wiltshire, 2006; Wiltshire and Black, 2006; Wiltshire et al., 2014; 2015; 2016) ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าค่าชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่ได้จากตัวอย่างเปรียบเทียบและจากพยานหลักฐานที่ผู้วิจัยสรุปว่ามีความสอดคล้องกัน แต่ในทุกคดีค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ที่ได้จากทั้งสองตัวอย่างกลับไม่มีสปอร์และเรณูชนิดใดที่มีค่าเท่ากันอย่างสมบูรณ์แบบเลย Wiltshire (2006) แสดงให้เห็นว่าค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่ได้จากผมและดินจากถุงพลาสติกที่ใช้ห่อศพ ถึงแม้ว่าจะเป็นดินที่มาจากในพื้นที่เดียวกันก็ตาม แต่ค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่ได้ก็มีค่าไม่เท่ากันอย่างสมบูรณ์แบบ ดังนั้นในการพิจารณาค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ที่ได้จากการตรวจพิสูจน์จำเป็นต้องมีการพิจารณาปัจจัยซึ่งสามารถส่งผลต่อการแพร่กระจายของสปอร์และเรณู (Taphonomic factor) ที่พบในแต่ละพื้นที่ในแต่ละช่วงเวลาไปด้วย นอกจากนี้ผลการตรวจพิสูจน์ทั้งหมดข้างต้นพบว่า มีสปอร์และเรณูบางชนิดที่สามารถพบได้เฉพาะในตัวอย่างเปรียบเทียบจากสถานที่เกิดเหตุแต่ไม่พบในพยานหลักฐานหรือบางชนิดพบเฉพาะในพยานหลักฐานเท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในครั้งนี้อย่างยิ่งโดยเมื่อพิจารณาผลการทดลองพบว่า มีสปอร์และเรณูบางชนิดที่พบเฉพาะในตัวอย่างเปรียบเทียบแต่ไม่พบในผ้าหรือบางชนิดพบเฉพาะในผ้าเท่านั้น ซึ่งสาเหตุหนึ่งคาดว่าเกิดจากการที่สปอร์และเรณูแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการเกาะติดบนพื้นผิวได้ดีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิว (sculptural type) และ pollen kit ของเรณูแต่ละชนิด (Vaknin et al. 2000; Bowker and Crenshaw 2007; Wiltshire, 2006) อีกทั้งอาจเนื่องมาจากในขั้นตอนการสกัดตัวอย่าง ซึ่งการซักล้างและการขัดถูอาจทำให้เรณูที่มีอยู่น้อยบนผ้าหลุดออกได้และส่งผลให้ไม่พบเรณูชนิดนั้นในการทำการวิเคราะห์เรณู (pollen analysis)

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจำนวนรวมของสปอร์และเรณูจากผ้าทั้งสามชนิดที่ได้จากพื้นที่เดียวกันพบว่า จำนวนที่ได้มีความแตกต่างกันแม้ว่าจะมาจากพื้นที่เดียวกันก็ตาม สาเหตุมาจากหลายปัจจัย เช่น ผ้าแต่ละชนิด จะมีความสามารถในการกักเก็บสปอร์และเรณูแตกต่างกัน โดยจากงานวิจัยพบว่าผ้าที่มีขนยาว เช่นผ้าขนสัตว์ หรือผ้าขนหนูจะสามารถกักเก็บสปอร์และเรณูได้ดีกว่าผ้าที่มีผิวพื้นเรียบสามเท่า (Jantunen and Saarinen, 2011) อีกทั้งเรณูสามารถเกาะติดบนผ้าไนลอนและผ้าเส้นใยสังเคราะห์ได้ดีกว่าผ้าฝ้าย (Wiltshire, 2005; Wiltshire, 2006; Jantunen and Saarinen, 2011) โดยจากการศึกษาของ Wiltshire (2006) พบว่าค่า ความชุกชุมสัมพัทธ์ที่ได้จากผ้าจะมีความแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติในการกักเก็บสปอร์และเรณูของผ้าและ จำนวนครั้งในการซักทำความสะอาดภายหลังเกิดเหตุ นอกจากนี้จากจำนวนสปอร์และเรณูที่แตกต่างกันสามารถ เกิดมาจากขั้นตอนการเก็บตัวอย่างได้ โดยในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างจากพื้นที่ 1x1 เมตร ที่ แต่เนื่องจากสปอร์และเรณูมีการกระจายตัวแบบสุ่ม (Mildenhall, 2006) ส่งผลให้ในแต่ละพื้นที่ (Microhabitat) มีปริมาณสปอร์และเรณูแตกต่างกันนั่นเอง

ปัจจุบันมีคดีที่เกิดการกระทำผิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งโดยส่วนใหญ่พื้นที่ที่มีการก่อเหตุจะเป็นพื้นที่ใน เขตชุมชนเมือง เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีประชากรอยู่กันอย่างหนาแน่น ทำให้เมืองกลายเป็นกลุ่มเป้าหมายของ คนร้ายเช่น คดีวางระเบิดสถานีรถไฟ อำเภอนงนุช จังหวัดสงขลา คดีฆ่าหั่นศพนักท่องเที่ยวบริเวณชายหาด ชลาทัศน์ อำเภอมือ จังหวัดสงขลา เป็นต้น อีกทั้งในปัจจุบันคนร้ายได้มีความระมัดระวังตัวมากขึ้นในการก่อ เหตุ เช่นมีการใส่ถุงมือในขณะก่อเหตุเพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เจ้าหน้าที่สามารถตามจับกุมได้ ส่งผลให้การใช้ดี เอ็นเอเป็นพยานหลักฐานอาจมีข้อจำกัด ดังนั้นการใช้พยานหลักฐานทางเรณูวิทยาจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ที่สามารถนำมาใช้เป็นพยานแวดล้อมร่วมกับพยานหลักฐานอื่น ๆ ในการเชื่อมโยงวัตถุหรือบุคคลเข้ากับสถานที่ เกิดเหตุได้ แต่อย่างไรก็ตามในการใช้สปอร์และเรณูเป็นพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์นั้น มีข้อควรคำนึง คือ ค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่ได้จากตัวอย่างเปรียบเทียบกับจากพยานหลักฐานอาจจะไม่ เท่ากันอย่างสมบูรณ์แบบเหมือนผลที่ได้พยานหลักฐานชนิดอื่นๆ เช่น ลายนิ้วมือ ดีเอ็นเอ และการตรวจ วิเคราะห์ทางเคมี เป็นต้น ดังนั้นจึงมีจำเป็นอย่างยิ่งที่นักนิติเรณูวิทยาจะต้องตรวจสอบและพิจารณาปัจจัย ต่างๆอย่างละเอียดและรอบคอบทุกครั้ง ทั้งนี้หากไม่มีการตรวจสอบปัจจัยต่างๆดังกล่าวอาจจะส่งผลต่อการ ตีความพยานหลักฐานซึ่งอาจทำให้การแปลผลไปในทิศทางตรงกันข้ามกับความจริงได้ (Wiltshire et al., 2015)

5. ค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่ติดอยู่บนเสื้อผ้าภายหลังการซักล้าง

จากผลการศึกษาพบว่าสปอร์และเรณูของพืชมีความสามารถติดบนเส้นใยหรือแทรกอยู่ระหว่างเส้นใย ผ้าชนิดต่างๆ ได้เป็นอย่างดี (ภาพที่ 21) ซึ่งส่งผลให้สปอร์และเรณูที่พบบนเสื้อผ้าเป็นพยานวัตถุทางนิติ วิทยาศาสตร์ชิ้นสำคัญในคดีต่างๆได้ (Zavada et al., 2007; Mildenhall, 2008) ซึ่งภายหลังจากการซัก พบว่าสปอร์และเรณูในผ้าจำนวนลดลงแต่ยังคงหลงเหลืออยู่

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าจำนวนรวมสปอร์และเรณูบนผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเตอร์ และผ้าเดนิม ที่ได้หลังจากการซักล้างโดยการใช้วิธีเดียวกันนั้นมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Zavada et al. (2007) พบว่าการสกัดเรณูออกจากผ้าจำนวนห้าชนิดคือ ผ้าฝ้าย ผ้าขนสัตว์ ผ้าพอลิเอสเตอร์ ผ้าไหม และผ้าลินินโดยใช้น้ำและสารซักล้าง (detergent) ทำให้เรณูที่อยู่บนผ้าหลุดออกไปเป็นจำนวน 99.90% ภายหลังจากการซักล้างครั้งแรก ตรวจพบเรณูได้น้อยกว่า 0.01% ภายหลังจากการซักล้างครั้งที่สองและไม่สามารถตรวจพบได้ภายหลังจากการซักล้างครั้งที่สาม นอกจากนี้ Uitdehage et al. (2010) พบว่าจำนวนไดอะตอมที่สกัดจากผ้าฝ้ายที่ผ่านการซักโดยใช้ผงซักฟอกจะมีปริมาณน้อยลงเมื่อเทียบกับการซักล้างโดยใช้น้ำเพียงอย่างเดียว เป็นไปได้ว่าแรงกลจากการซักโดยการใช้มือและเครื่องซักผ้า นั้นทำให้น้ำและผงซักฟอกสามารถแทรกซึมเข้าเส้นใยของเสื้อผ้าได้มากขึ้นส่งผลให้คราบสกปรก รวมถึงสปอร์และเรณูหลุดออกจากเส้นใยได้เป็นจำนวนเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการซักล้างโดยปราศจากแรงกลและสารซักล้าง นอกจากนี้สารป้องกันการคืนกลับของสิ่งสกปรกในผงซักฟอกนั้น อาจสามารถป้องกันการคืนกลับเข้าเกาะติดเนื้อผ้าของสปอร์และเรณูได้ (Preston, 1949; Bajpai and Tyagi, 2007) จึงทำให้จำนวนสปอร์และเรณูในผ้าลดลงเมื่อซักโดยใช้น้ำที่ผสมผงซักฟอกในการซักล้าง นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลการทดลองพบว่าจำนวนรวมสปอร์และเรณูที่ได้ภายหลังจากการซักล้างด้วยวิธีการต่างๆมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะในผ้าฝ้าย เป็นไปได้ว่าการที่ผ้าฝ้ายถูกซักทออย่างหลวมๆ (ภาพที่ 21A) ทำให้แรงกลจากการซักและสารซักล้างมีผลต่อจำนวนสปอร์และเรณูอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Bull et al. (2006) ที่สรุปผลว่าชนิดของเนื้อผ้าหรือวัสดุยัดเกาะเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อจำนวนพยานวัตถุทางเรณูวิทยา

การเพิ่มขึ้น ลดลงหรือคงที่ของค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูในการทดลองครั้งนี้ มีผลจากวิธีการคำนวณค่าดังกล่าว กล่าวคือเมื่อค่าความชุกชุมสัมพัทธ์สปอร์หรือเรณูตัวใดตัวหนึ่งเพิ่มขึ้นหรือลดลง จะส่งผลโดยตรงต่อค่าดังกล่าวของตัวที่เหลืออยู่ที่ การศึกษาของ Phuphumirat et al. (2013, อยู่ระหว่างเสนอขอลงตีพิมพ์) และ Phuphumirat et al. (2015) ได้ระบุถึงข้อควรระวังในการใช้ค่าความชุกชุมสัมพัทธ์และการวิเคราะห์ทางสถิติต่างๆเพื่อใช้ในการแปลผลทางเรณูวิทยา ซึ่งอาจทำให้ผู้ศึกษาแปลผลไปในทิศทางที่ตรงกันข้ามกับความเป็นจริง อย่างไรก็ตามการที่ค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการทดลองต่าง ๆ นั้น ทำให้เห็นว่าถึงแม้ว่าการซักล้างจะมีผลทำให้จำนวนสปอร์และเรณูในเสื้อผ้าลดลงแต่มื่อนำมาคำนวณเป็นค่าความชุกชุมสัมพัทธ์แล้ว จำนวนดังกล่าวก็ยังเพียงพอที่จะทำให้สปอร์และเรณูมีศักยภาพในการเป็นพยานวัตถุทางนิติวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี (Bull et al., 2006; Mildenhall, 2008)

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

สปอร์และเรณูมีการแพร่กระจายในทุกพื้นที่ในเขตชุมชนเมืองโดยในแต่ละพื้นที่จะมีค่าความชุกชุมสัมพันธ์ของสปอร์และเรณูแตกต่างกัน เนื่องจากแต่ละบริเวณมีปัจจัยที่สามารถส่งผลต่อการแพร่กระจายของสปอร์และเรณูแตกต่างกัน อาทิ พืชไม้ดอกไม้ประดับที่ผู้คนนิยมปลูกประดับตกแต่ง รูปแบบการแพร่กระจายของสปอร์และเรณูแต่ละชนิด ภูมิอากาศ การสะสมของเรณูบนพื้นผิว ความคงทนต่อสภาพแวดล้อมของสปอร์และเรณูแต่ละชนิดรวมถึงปัจจัยที่เกิดจากมนุษย์และสัตว์ เป็นต้น ทั้งนี้วิธีการเก็บตัวอย่างสปอร์และเรณูจากสถานที่เกิดเหตุ ต้องคำนึงถึงลักษณะของพื้นผิว จากการศึกษาพบว่าการใช้ไม้พ่นสาลีจุ่มน้ำเหมาะสำหรับเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบของสปอร์และเรณูบนพื้นผิวเรียบ พื้นผิวอิฐทางเดินและพื้นผิวยางมะตอย ในขณะที่การเก็บโดยใช้เครื่องดูดฝุ่นเหมาะสำหรับพื้นผิวคอนกรีต นอกจากนี้สปอร์และเรณูที่พบในชุมชนเมืองยังสามารถติดไปกับเสื้อผ้าของบุคคลที่เข้ามาในพื้นที่ดังกล่าวได้ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าความชุกชุมสัมพันธ์ของสปอร์และเรณูที่ได้จากผ้าฝ้าย ผ้าสแปนเด็กซ์และผ้าเดนิม เปรียบเทียบกับค่าความชุกชุมสัมพันธ์จากตัวอย่างเปรียบเทียบจากพื้นที่เดียวกัน พบว่าค่าความชุกชุมสัมพันธ์ของสปอร์และเรณูที่ได้จากตัวอย่างทั้งสองมีความสอดคล้องกัน นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าเสื้อผ้างดังกล่าวแม้จะผ่านการซักล้างด้วยวิธีการต่างๆ ก็ยังสามารถตรวจพบสปอร์และเรณูได้อยู่ แสดงให้เห็นว่าสปอร์และเรณูที่พบในเขตชุมชนเมืองมีศักยภาพในการเป็นพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ที่ดีในการเชื่อมโยงผู้ต้องสงสัยหรือวัตถุที่เกี่ยวข้องเข้ากับสถานที่เกิดเหตุได้

เอกสารอ้างอิง

- ธนีส คงใหญ่ . 2554. ศึกษาสมบัติของผ้าฝ้ายทอหลายชนิดหลักการซักด้วยเครื่องซักแบบใส่ผ้าด้านหน้าและแบบใส่ผ้าด้านบน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี.
- พงศกรณ์ ชูเวช. 2531. การพิสูจน์หลักฐาน. พิมพ์ครั้งที่ 2. นิติบรรณการ: กรุงเทพฯ.
- มณฑล เขี่ยมไพศาล และ มานัส ศรีวณิช. 2553. ความหนาแน่นเชิงพื้นที่อาชญากรรม กรณีศึกษาเขตพระนครกรุงเทพมหานครศึกษาตามแบบเคอร์เนล. วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง. 1: 87-102.
- สรารุช เบญจกุล. 2550. หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์. วารสารศาลยุติธรรมปริทัศน์. 1(9): 64-67.
- Aguilera, F. and Valenzuela, L. R. 2012. Microclimatic-induced fluctuations in the flower and pollen production rate of olive trees (*Olea europaea* L.). Grana, 51(3): 228-239.
- Baghaei, B., Shanbeh, M. and Ghareaghaji, A. A. 2010. Effect of tensile fatigue cyclic loads on bagging deformation of elastic woven fabrics. Indian Journal of Fibre & Textile Research. 35: 298-302.
- Bajpai, D. and Tyagi, V.K. 2007. Laundry Detergent: An Overview. Journal of Oleo Science. 56: 327-340.
- Behera, B. K., Chand, S., Singh, T. G. and Rathee, P. 1997. Sewability of denim. International Journal of Clothing Science and Technology. 9(2): 128-140.
- Benedek, I. 2004. Pressure-sensitive adhesives and applications. I. Benedek, editor. CRC Press: New York.
- Bipp, H. and Kieczka, H. 2011. Formamides. Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. doi:10.1002/14356007.a12_001.pub2.
- Birks, H. J. B. 1973. Past and Present Vegetation of the Isle of Skye: a Palaeoecological Study. Cambridge University Press: London.
- Bowker, G. E. and Crenshaw, H. C. 2007. Electrostatic forces in wind pollination-Part 1: Measurement of the electrostatic charge on pollen. Atmospheric Environment. 41: 1587-1595.
- Brockmann, W., Geiß, P.L., Klingens, J. and Schröder, B. 2009. Chemistry and Properties of Adhesives and Primers. In: Adhesive Bonding : materials, applications and technology. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. pp 40-53 .
- Bruce, R. G. and Dettmann, M. E. 1996. Palynological analyses of Australian surface soils and their potential in forensic science. Forensic Science International. 81(2-3): 77-94.

- Bryant Jr., V.M., Holloway, R.G., Jones, J.G. and Carlson, D.L. 1994. Pollen preservation in alkaline soils of the American Southwest. In: Traverse, A.T. Sedimentation of Organic Particles. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK. pp. 47 – 58.
- Bryant Jr., V. M., Jones, J. G. and Mildenhall, D. C. 1990. Forensic palynology in the United States of America. *Palynology*. 14(1): 193-208.
- Bryant, V. M. and Mildenhall, D. C. 1998. Forensic palynology: a new way to catch crooks. *Contributions Series-American Association of Stratigraphic Palynologists*. 33: 145-155.
- Bryant, V.M. 2005. Pollen analysis of archaeological sediments from CA-SD1-13978 and CA-SD1-4420: MCB camp Joseph H. Pendleton, California. Final report prepared for RECON in San Diego, California; Palynology Laboratory. Texas A&M University: Texas.
- Bryant, V.M. and Hall, S.A. 1993. Archaeological palynology in the United States: A critique. *American Antiquity*. 58: 277-286.
- Bull, P.A., Morgan, R.M., Sagovsky, A. and Hughes, G.J.A. 2006. Transfer and Persistence of Trace Particulates: Experimental studies using clothing fabrics. *Science & Justice*. 43: 185-195.
- Butler, P. 2010. It's like Magic Removing Self-Adhesive Stamps from paper. *American philatelist*. 124: 910-913.
- Czech, Z. 1999. Crosslinking of acrylic pressure-sensitive adhesives. Szczecin University of Technology, Szczecin.
- Czech, Z. 2004. Development of solvent-free pressure-sensitive adhesive acrylics. *International journal of adhesion and adhesives*. 24(2): 119-125.
- Czech, Z. and Milker, R. 2005. Development trends in pressure-sensitive adhesive systems. *Materials Science* . 23(4): 1015-1022.
- El-Ghezal, S., Babay, A., Dhouib, S. and Cheikhrouhou, M. 2009. Study of the impact of elastane's ratio and finishing process on the mechanical properties of stretch denim. *The Journal of The Textile Institute*. 100(3): 245-253.
- Elsik, W. C. 1966. Biologic degradation of fossil pollen grains and spores. *Micropaleontology*. 12(4): 515-518.
- El-Tahlawy, K. F., El-Bendary, M. A., Elhendawy, A. G. and Hudson, S. M. 2005. The antimicrobial activity of cotton fabrics treated with different crosslinking agents and chitosan. *Carbohydrate polymers*. 60(4): 421-430.
- Erdtman, G. 1952. Pollen morphology and plant taxonomy. *GFF*. 74(4): 526-527.

- Erdtman, G., 1969. Handbook of Palynology—An Introduction to the Study of Pollen Grains and Spores. Munksgaard: Copenhagen.
- Eyring, M. B. 1996. Soil pollen analysis from a forensic point of view. *Microscope-Chicago*. 44: 81-97.
- Frei, M. 1981. Identificazione e classificazione dei nuovi pollini della Sindone. In: Sindone, Scienza e Fede. Atti del II Convegno Nazionale di Sindonologia. Bologna. pp 277-284.
- Frei, M. 1982. Nine years of palynological studies on the Shroud. *Shroud Spectrum International*. 1: 2-7.
- Galán, C., Tormo, R., Cuevas, J., Infante, F. and Domínguez, E. 1991. Theoretical daily variation patterns of airborne pollen in the South-West of Spain. *Grana*. 30: 201-209.
- Graham, L. E., Cook, M. E. and Busse, J. S. 2000. The origin of plants: body plan changes contributing to a major evolutionary radiation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 97(9): 4535-4540.
- Goldberg, R. B. 1988. Plants: novel developmental processes. *Science*. 240: 1460-1467.
- Hansson, O., Finnebraaten, M., Heitmann, I.K., Ramse, M. and Bouzga, M. 2009. Trace DNA collection-Performance of minitape and three different swabs. *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*. 2: 189-190.
- Hasanoğlu, A., Salt, Y., Keleşer, S., Özkan, S. and Dinçer, S. 2007. Pervaporation separation of organics from multicomponent aqueous mixtures. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. 46: 300-306.
- Havinga, A.J. 1964. Investigation into the differential corrosion susceptibility of pollen and spores. *Pollen et Spores*. 6: 621-635.
- Havinga, A. J. 1984. A 20-year experimental investigation into the differential corrosion susceptibility of pollen and spores in various soil types. *Pollen et spores*. 26: 541-558.
- Havinga, A. J. 1971. An experimental investigation into the decay of pollen and spores in various soil types. *Sporopollenin*. 446-479.
- Havinga, A.J. 1967. Palynology and pollen preservation. *Rev. Paleobot. Palynol.* 2: 81-98.
- Herlihy, C. R. and Delph, L. F. 2009. Selection lines of *Silene latifolia* (Caryophyllaceae) differ in how stress affects pollen production. *International journal of plant sciences*. 170(9): 1103-1108.
- Herrero, B. and Fraile, C. 1997. Annual variation of airborne pollen in the city of Palencia, Spain, 1990-92. *Grana*. 36: 358-365.

- Hochuli, P. A., Menegatti, A. P., Weissert, H., Riva, A., Erba, E. and Silva, I. P. 1999. Episodes of high productivity and cooling in the early Aptian Alpine Tethys. *Geology*. 27(7): 657-660.
- Holloway, R. G. 1989. Experimental mechanical pollen degradation and its application to quaternary age deposits. *The Texas journal of science*. 131-145.
- Honys, D., Renak, D. and Twell, D. 2006. Male gametophyte development and function. *Floriculture, ornamental and plant biotechnology: advances and topical issues*.1: 76-87.
- Horrock, M. 2004. Sub-sampling and preparing forensic sample for pollen analysis. *J. Forensic Sci.* 49: 1-4.
- Horrocks, M. and Walsh, K. 1999. Fine resolution of pollen patterns in limited space: Differentiating a crime scene and alibi scene seven meter apart. 44: 417-420.
- Horrocks, M. and Walsh, K. A. 1998. Forensic palynology: assessing the value of the evidence. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 103(1): 69-74.
- Horrocks, M., Coulson, S.A. and Walsh K.A.J. 1998. Forensic palynology: variation in the pollen content of soil surface sample. *Journal of Forensic Science*. 43(2): 320-323.
- Hyde, H. A. and Adams, K. F. 1958. *An atlas of airborne pollen grains*. New York, St. Martins Press.
- İnceoğlu, Ö., Pinar, N.M., Şakiyan, N. and Sorkun, K. 1994. Airborne pollen concentration in Ankara, Turkey 1990-1993. *Grana*. 33: 158-161.
- Ishibashi, Y., Ohno, H., Oh-ishi, S., Matsuoka, T., Kizaki, T. and Yoshizumi, K. 2008. Characterization of pollen dispersion in the Neighborhood of Tokyo, Japan in Spring of 2005 and 2006. *Environmental Research and Public Health*. 5(1): 76-85.
- Jantunen, J. and Saarinen, K. 2011. Pollen transport by clothes. *Aerobiologia*. 27(4): 339-343.
- Jochner, S. C., Beck, I., Behrendt, H., Traidl-Hoffmann, C. and Menzel, A. 2011. Effects of extreme spring temperatures on urban phenology and pollen production: a case study in Munich and Ingolstadt. *Climate Research*. 49(2): 101-112.
- Juillard, J. 1997. Dimethyformamide: purification, test for purity and physical properties. *International union of pure and applied chemistry*. 49: 885-892.
- Kan, C. W. and Yuen, C. W. M. 2009. Evaluation of the performance of stretch denim fabric under the effect of repeated home laundering processes. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*. 2(2-3): 71-79.

- Kenna, J., Smyth, M., McKenna, L., Dockery, C. and McDermott, S. D. 2011. The recovery and persistence of salivary DNA on human skin. *Journal of forensic sciences*. 56(1): 170-175.
- Kumar, S., Chatterjee, K., Padhye, R. and Nayak, R. 2016. Designing and Development of Denim Fabrics: Part 1-Study the Effect of Fabric Parameters on the Fabric Characteristics for Women's Wear. *Journal of Textile Science and Engineering*. 6(4): 1-5
- Latałowa, M., Uruska, A., Pędziszewska, Góra, M. and Dawidowska, A. 2005. Diurnal patterns of airborne pollen concentration of the selected tree and herb taxa in Gdańsk (northern Poland). *Grana*. 44: 192-201.
- Lee, H.C. and Ladd, C. 2001. Preservation and Collection of Biological Evidence. *Croatian Medical Journal*. 43(3): 225-228.
- Maynard, P., Gates, K. Roux, C. and Lennard, C. 2001. Adhesive tape analysis: Establishing the evidential value of specific techniques. *Journal of Forensic Sciences*. 46: 280-287.
- McDavid, S.E. and McDavid, R.A. 2008. Career opportunities in forensic science. Aerguson An imprint of Infobase Publishing: New York.
- Meriç B. and Gürarda A. 2002 Proceeding of The XIIIth Textile and Leather Romanian Conference, October 2002. pp. 17-19.
- Mildenhall, D. C. 1976. Exotic pollen rain on the Chatham Islands during the Late Pleistocene. *New Zealand journal of geology and geophysics*. 19(3): 327-333.
- Mildenhall, D. C. 2006. An unusual appearance of a common pollen type indicates the scene of the crime. *Forensic science international*. 163(3): 236-240.
- Mildenhall, D.C. 2005. *Hypericum* pollen determines the presence of burglars at the scene of a crime: An example of forensic palynology. *Forensic Science International*. 163: 231-235.
- Mildenhall, D.C. 2008. Civil and criminal investigations. The use of spores and pollen . *SIAK-Journal*. 4: 35-52.
- Mildenhall, D.C. Wiltshire, P.E.J. and Bryant, V.M. 2006. Forensic palynology: Why do it and how it works. *Forensic Science International*. 163: 163-172.
- Milne, E., Bockxmeer, F.M.V., Robertson, L., Brisbane, J.M., Ashton, L.J., Scott, R.J. and Armstrong, B.K. 2006. Buccal DNA Collection Comparison of Buccal swabs with FTA Card. *Cancer Epidemiol Biomarker Prev*. 15: 816-819.

- Milne, L.A., Bryant, V.M. and Mildenhall, D.C. 2004. Forensic Palynology. In: Forensic botany: principles and applications to criminal casework. H.M. Coyle, editor. CRC Press. Boca Raton, London, New York, Washington, D.C. pp 218-273.
- Mondal, A. K. and Mandal, S. 1998. Pollen production in some terrestrial angiosperms. *Current Science*. 74(10): 906-910.
- Montali, E., Mercuri, A. M., Grandi, G. T., & Accorsi, C. A. (2006). Towards a “crime pollen calendar”—Pollen analysis on corpses throughout one year. *Forensic Science International*. 163(3): 211-223.
- Moore, P.D., Webb, J.A. and Collinson, M. 1991. *Pollen Analysis*. Blackwell: London.
- More, S. and Bera, S. 2015. Potential of Hairs as a Decisive tool in Forensic Palynological investigations: First experimental study from India. *Research Journal of Forensic Sciences*. 3: 1-7.
- Morgan, R.M., Allen, E. King, T. and Bull, P.A. 2014. The spatial and temporal distribution of pollen in a room: Forensic implications. *Science and Justice*. 54: 49-56.
- Mourad, M. M., Elshakankery, M. H. and Almetwally, A. A. 2012. Physical and stretch properties of woven cotton fabrics containing different rates of spandex. *Journal of American Science*. 8(4): 567-572.
- Murray, R.C. 2000. Geotimes. Devil in the details, the science of forensic geology. 45: 14-17.
- Nagarajan, B., Nicodemus, A., Sivakumar, V., Mandal, A. K., Kumaravelu, G., Jayaraj, R. S. C., Narmatha Bai, V. and Kamalakannan, R. 2006. Phenology and Control Pollination Studies in *Casuarina equisetifolia* Forst. *Silvae Genetica*, 55(4-5): 149-154.
- Nayak, R. K., Punj, S. K., Chatterjee, K. N., and Behera, B. K. 2009. Comfort properties of suiting fabrics. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 34: 122-128.
- Nguyen, P. and Weber, M. 2015. Forensic value of pollen from ornamental indoor plants. *Grana*. 54(3): 236-246.
- Nguyen, P. and Weber, M. 2016. Can pollen match shoes to a previously visited indoor location?. *Grana*. 55(2): 164-172.
- O'Rourke, M.K. and Lebowitz, M.D. 1984. A comparison of regional atmospheric pollen with pollen collected at and near homes. *Grana*. 23(1): 55-64.
- Özdil, N. 2008. Stretch and bagging properties of denim fabrics containing different rates of elastane. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 16(1): 66.
- Paul, R. 2015. Denim and jeans: an overview. In *Denim: manufacture, finishing and applications*. Paul, R., editor. Elsevier. Cambridge. pp 1-5.

- Phumphumirat, W. 2008. Pollen Deterioration in Surface Soil and Its impact the Potentiality of the Forensic Evidence. Master of Science Thesis, Prince of Songkla University, Sonhkhla, Thailand.
- Phumphumirat, W. 2014. Pollen distribution and preservation in Mangrove Sediments. Ph.D. Thesis, University of Uniwien, Uniwien, Austria.
- Phumphumirat, W., Mildenhall, D.C., Purintavaragul, C., 2009. Pollen deterioration in a tropical surface soil and its impact on forensic palynology. *Open Forensic Sci. J.* 2: 34–40.
- Phumphumirat, W., Zetter, R., Hofman, C.C., Ferguson, D.K. 2015. Pollen degradation in mangrove sediment: A short-term experiment. *Review of Palaeobotany and Palynology.* 221: 106-116.
- Phumphumirat, W., Zetter, R., Hofmann, C. C. and Ferguson, D. K. 2016. Pollen distribution and deposition in mangrove sediments of the Ranong Biosphere Reserve, Thailand. *Review of Palaeobotany and Palynology.* 233: 22-43.
- Preston, W.C. 1949. Detergent Composition. US. Patent 2, 486, 921, November 1.
- Preusche, P. and Weber, M. 2014. Monitoring indoor pollen over two years. *Grana.* 53(2): 133- 146.
- Rahman, A. M. and Khanom, A. 2013. A taxonomic and ethno-medicinal study of species from Moraceae (Mulberry) family in Bangladesh flora. *Research in Plant Sciences.* 1(3): 53-57.
- Rahman, O. 2011. Understanding Consumers' Perceptions and Buying Behaviours: Implications for Denim Jeans Design. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management:* 7(1). 1-16.
- Rahman, O., Jiang, Y. and Liu, W. S. 2010. Evaluative criteria of denim jeans: A cross-national study of functional and aesthetic aspects. *The Design Journal.* 13(3): 291-311.
- Smith, M.A., Jones, N.M.M., Page, S.L. and Dirda, P.M. 1984. Pressure- Sensitive tape and techniques for its removal from paper. *Journal of the American Institute for Conservation.* 23(2): 101-113.
- Sun, J. 2007. D-Limonene Safety and Clinical Applications. *Alternative Medicine Review.* 12(3): 261-264.
- Takahashi, Y., Takano, K., Suzuki, M., Nagai, S., Yokosuka, M., Takeshita, T., Saito, A., Yasueda, H. and Enomoto, T. 2008. Two routes for pollen entering indoors: Ventilation and clothes. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology.* 18: 382–388.

- Tauber, H. 1967. Differential pollen dispersion and filtration, In Quaternary Palyeoecology. Cushing, E. and Wright, H. Eds., University Press, New Haven, CT, pp. 131-141.
- Tezel, S. and Kavuşturan, Y. 2008. Experimental investigation of effects of spandex brand and tightness factor on dimensional and physical properties of cotton/spandex single jersey fabrics. *Textile research journal*. 78(11): 966-976.
- Uitdehaag, S., Dragutinovic, A. and Kuiper, I. 2010. Extraction of diatoms from (cotton) clothing for forensic comparison. *Forensic Science International*. 200, 112-116.
- Vaknin, Y., Gan-Mor, S., Bechar, A., Ronen, B. and Eisikowitch, D. 2000. The role of electrostatic forces in pollination. *Plant Systematics and Evolution*. 222(1): 133-142.
- Wiltshire, P.E. 2005 Palynological analysis associated with R. v Anthia, Metropolitan Police & Hertfordshire Constabulary (combined enquiry). 2005.
- Wiltshire, P. E. 2006. Consideration of some taphonomic variables of relevance to forensic palynological investigation in the United Kingdom. *Forensic science international*. 163(3): 173-182.
- Wiltshire, P. E. 2006. Hair as a source of forensic evidence in murder investigations. *Forensic Science International*. 163(3): 241-248.
- Wiltshire, P. E. and Black, S. 2006. The cribriform approach to the retrieval of palynological evidence from the turbinates of murder victims. *Forensic science international*. 163(3): 224-230.
- Wiltshire, P. E., Hawksworth, D. L., Webb, J. A. and Edwards, K. J. 2014. Palynology and mycology provide separate classes of probative evidence from the same forensic samples: a rape case from southern England. *Forensic science international*. 244: 186-195.
- Wiltshire, P. E., Hawksworth, D. L., Webb, J. A., and Edwards, K. J. 2015. Two sources and two kinds of trace evidence: enhancing the links between clothing, footwear and crime scene. *Forensic science international*. 254: 231-242.
- Woolfenden, W. B. 1996. Late Quaternary Vegetation History of the Southern Owens Valley Region, Inyo County, California.
- Zavada, M. S., McGraw, S. M., and Miller, M. A. 2007. The role of clothing fabrics as passive pollen collectors in the north-eastern United States. *Grana*. 46(4): 285-291.
- Zervent Ünal, B. 2012. The prediction of seam strength of denim fabrics with mathematical equations. *Journal of the Textile Institute*. 103(7): 744-751.

ภาคผนวก

ผลงานวิจัยที่นำเสนอแบบบรรยายในที่ประชุมวิชาการระดับชาติ

ผลของชนิดผ้าและการซักล้างต่อจำนวนและค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณู
Effects of clothing fabric and laundry on numbers and relative abundances of spore
and pollen

ณัฐนรี เียดประพาล¹ และ วงศ์ภู ภูภูมิรัตน์^{1,*}
Natnaree ladprapan¹ and Wongkot Phuphumirat^{1,*}

บทคัดย่อ

เส้นใยของผ้ามีคุณสมบัติในการดักจับสปอร์และเรณูได้เป็นอย่างดี จึงทำให้เสื้อผ้าเป็นแหล่งพยานวัตถุทางเรณูวิทยาที่สำคัญ การวิจัยชิ้นนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาผลของเนื้อผ้าและการซักล้างต่อจำนวนและค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่พบในเครื่องนุ่งห่ม โดยนำสปอร์และเรณูจากพืช 9 ชนิด มาป้ายลงบนผ้า 3 ชนิด คือ ผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเตอร์และผ้าเดนิม จากนั้นนำไปซักด้วยน้ำและน้ำผสมผงซักฟอกโดยใช้วิธีต่างๆ คือ การจุ่มน้ำ การซักโดยใช้มือ และ การซักโดยใช้เครื่องซักผ้า ผลการศึกษาพบว่าจำนวนรวมของสปอร์และเรณูในผ้าทุกชนิดมีค่าน้อยกว่า 30 เม็ด หลังจากการซักโดยการใส่เครื่องซักผ้า อย่างไรก็ตามวิธีการซักมีผลทำให้จำนวนรวมแตกต่างกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในผ้าฝ้ายเท่านั้น นอกจากนี้พบว่าค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูในผ้าหลังจากการซักล้างด้วยวิธีต่างๆไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการเป็นพยานวัตถุของสปอร์และเรณู

คำสำคัญ: ซักล้าง, นิติเรณูวิทยา, เสื้อผ้า

Abstract

The tendency to be a source of spores and pollen grains makes clothing fabric a good palynological evidence in forensic investigation. In this study, the effects clothing fabric types and washing procedure on the total number and relative abundance of palynomorphs were examined. Spores and pollen grains were collected from 9 plant species and placed on 3 clothing fabrics including, cotton, polyester, and denim. All clothing fabrics were washed using three washing procedures, a short period of immersion, a hand-washing, and a machine-washing, with water and detergent. The results showed that less than 30 grains of spore and pollen were recovered from all clothing fabrics after washing using a washing machine. Only the total numbers of palynomorphs collected from cotton fabric were statistically difference among washing procedures. The relative abundances of palynomorphs were not different between experiments on both washing procedures and the fabrics. These findings showed that the spores and pollen grains could be recovered from clothing fabrics even after washing procedure suggesting the potential uses of them as a forensic evidence.

Keyword: clothing, Forensic palynology, laundry

¹หลักสูตรนิติวิทยาศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

¹Forensic Science Program, Department of Applied Science, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hatyai, Songkhla, Thailand, 90112

*Corresponding author: E-mail addresses: wongkot.p@psu.ac.th

1. บทนำ

นิติเรณูวิทยา (Forensic palynology) เป็นวิทยาศาสตร์ที่ประยุกต์ใช้สปอร์ (spore) และเรณู (pollen) ของพืชเพื่อใช้เป็นพยานวัตถุทางนิติวิทยาศาสตร์ พยานวัตถุทางเรณูวิทยาสามารถใช้เชื่อมโยงผู้ต้องสงสัยหรือวัตถุที่เกี่ยวข้องเข้ากับสถานที่เกิดเหตุได้ เนื่องจากพืชสร้างสปอร์และเรณูเป็นจำนวนมาก มีขนาดเล็ก มีพื้นฐานวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกันในแต่ละสกุลหรือชนิด ทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี และมีค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ (relative abundance) แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ (Bryant *et al.*, 1990; Midenhall *et al.*, 2006)

เสื้อผ้าเป็นแหล่งพยานวัตถุทางเรณูวิทยาที่สำคัญ เนื่องจากเส้นใยของผ้ามีคุณสมบัติในการกักเก็บสปอร์และเรณูได้เป็นอย่างดี ตัวอย่างเช่น การตรวจพบเรณูบนเสื้อแจ็คเก็ตของนายโอ.เจ. ซิมป์สัน ผู้ต้องสงสัยในคดีฆาตกรรมกรรยาตนเองในสมาพันธรัฐอเมริกา การตรวจพบกลุ่มสาหร่ายและเรณูบนเสื้อผ้านักบินในคดีทำร้ายร่างกายบริเวณใกล้แม่น้ำ ในเครือรัฐออสเตรเลีย และการตรวจพบเรณูของต้น *Hypericum* บนเสื้อเชิ้ต และเสื้อแจ็คเก็ตของนักย่องเบาในราชอาณาจักรนิวซีแลนด์ เป็นต้น (Mildenhall, 2005; Milne *et al.*, 2005) อย่างไรก็ตามการใช้เรณูจากเสื้อผ้าเพื่อเป็นพยานวัตถุอาจมีข้อจำกัดเมื่อผู้ก่อเหตุนำเสื้อผ้าไปซักล้างเพื่อทำลายหลักฐานก่อนถูกจับกุม โดยปกติแล้วสปอร์และเรณูสามารถเกาะติดได้ดีในเส้นใยเกือบทุกชนิด แต่การซักล้างจะทำให้สปอร์และเรณูที่ติดอยู่บนเสื้อผ้าหลุดออกจากเส้นใยได้ (Mildenhall *et al.*, 2006)

หากการซักล้างมีผลต่อจำนวนสปอร์และเรณูที่ติดบนเสื้อผ้า อาจก่อให้เกิดปัญหาขึ้นในกรณีที่มีการใช้สปอร์และเรณูบนเสื้อผ้าที่ผ่านการซักล้างเป็นพยานวัตถุในการเชื่อมโยงผู้สงสัยกับสถานที่เกิดเหตุ เพราะอาจทำให้ผลการตรวจพิสูจน์ผิดพลาดได้ กล่าวคือ ค่าความชุกชุมสัมพัทธ์สปอร์และเรณูที่ได้จากเสื้อผ้านักบินและจากที่เกิดเหตุมีค่าต่างกัน งานวิจัยชิ้นนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาผลของการซักล้างด้วยวิธีต่างๆในเนื้อผ้าหลากหลายชนิดต่อศักยภาพในการเป็นพยานวัตถุของสปอร์และเรณู ส่งผลให้สามารถตรวจพิสูจน์พยานวัตถุทางนิติเรณูวิทยาด้วยความถูกต้องแม่นยำต่อไป

2. วิธีการวิจัย

เพื่อให้สามารถกำหนดจำนวนสปอร์และเรณูมีปริมาณใกล้เคียงกันในแต่ละการทดลอง จึงทำการเก็บสปอร์และเรณูจากพืช 9 ชนิด ดังนี้ สนสามใบ (*Pinus kesiya*) ชบา (*Hibiscus rosa-sinensis*) ลำพูทะเล (*Sonneratia alba*) อินทนิลน้ำ (*Lagerstroemia speciosa*) กระดุมทองเหลือง (*Wedelia trilobata*) หญ้าขจรจบดอกเหลือง (*Pennisetum setosum*) กก อียิปต์ (*Cyperus papyrus*) โปรงทะเล (*Acrostichum aureum*) และจามจุรี (*Samanea saman*) ใส่ลงในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่นปริมาตร 240 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน และใช้ตะแกรงกรองให้เหลือแค่สารละลายเพื่อนำมาทำการทดลองในขั้นตอนต่อไป

นำสารละลายสปอร์และเรณูปริมาตร 5 มิลลิลิตร ป้ายลงบนพื้นที่ 10x10 ตารางเซนติเมตร จำนวน 2 บริเวณ บนเสื้อหรือกางเกงที่ทำจากผ้า 3 ชนิด คือ ผ้าฝ้าย ผ้าพอลีเอสเตอร์และผ้าเดนิม จำนวนรวม 28 ตัว ทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้นนำไปซักด้วยวิธีที่แตกต่างกัน คือ จุ่มน้ำ จุ่มน้ำที่ผสมผงซักฟอก ซักโดยใช้มือด้วยน้ำเปล่า ซักโดยใช้มือด้วยน้ำที่ผสมผงซักฟอก ซักโดยใช้เครื่องซักผ้าด้วยน้ำเปล่าและซักโดยใช้เครื่องซักผ้าด้วยน้ำที่ผสมผงซักฟอก โดยการซักแบบจุ่มน้ำและจุ่มน้ำที่ผสมผงซักฟอกนั้น จะจุ่มเสื้อผ้าในน้ำจำนวน 10 ครั้ง การซักมือจะขยี้เสื้อผ้าบริเวณที่มีสปอร์และเรณูบริเวณละ 30 ครั้ง การซักโดยใช้เครื่องซักผ้าจะใช้ความแรงในการซักระดับปานกลางเป็นเวลา 5 นาที ปริมาณผงซักฟอกที่ใช้คือ 35 กรัม ในทุกการทดลอง และใช้น้ำประปาจำนวน 4 ลิตร สำหรับการซักด้วยการจุ่มน้ำ และใช้น้ำประปา 50 ลิตร สำหรับการซักโดยใช้มือและการซักโดยการซักโดยใช้เครื่องซักผ้า จากนั้นนำเสื้อผ้าที่ผ่านการซักและเสื้อผ้าที่ไม่ผ่านการซักล้าง (ตัวอย่างควบคุม) ไปแช่ในน้ำประปาพร้อมทั้งขัดด้วยแปรงอีกครั้งเพื่อให้สปอร์และเรณูหลุดออกจากเนื้อผ้า นำน้ำที่ได้ไปหมุนเหวี่ยงเพื่อตกตะกอนเรณูที่ความเร็ว 6000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 8 นาที จากนั้นจำแนกชนิดและนับปริมาณของสปอร์และเรณูแต่ละชนิดภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (รุ่น BX43 Olympus) ตัวอย่างละอย่างน้อย 300 เม็ด หรือนับให้ได้จำนวนมากที่สุดในกรณีที่ไม่สามารถนับถึงจำนวนดังกล่าว

ได้ และทำการคำนวณค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ นอกจากนี้ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจำนวนสปอร์และเรณูที่ได้ระหว่างชนิดผ้า และระหว่างวิธีการซัก โดยใช้ Kruskal-wallis test ด้วยโปรแกรม SPSS

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

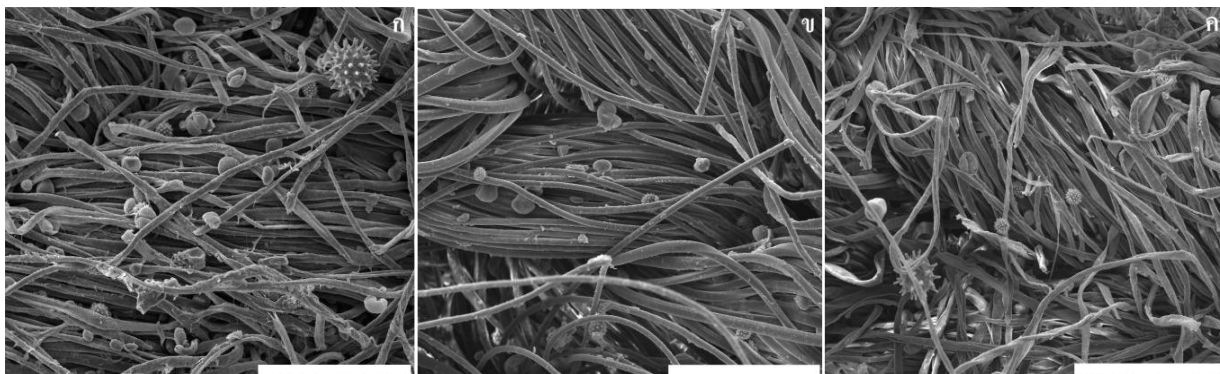
สปอร์และเรณูของพืชมีความสามารถติดบนเส้นใยหรือแทรกอยู่ระหว่างเส้นใยผ้าชนิดต่างๆ ได้เป็นอย่างดี (ภาพที่ 1) ซึ่งส่งผลให้สปอร์และเรณูที่พบบนเสื้อผ้าเป็นพยานวัตถุทางนิติวิทยาศาสตร์ชิ้นสำคัญในคดีต่างๆ ได้ (Zavada *et al.*, 2007; Mildenhall, 2008)

จากการทดลองพบว่า การซักโดยใช้เครื่องซักผ้ามีผลทำให้ค่าเฉลี่ยจำนวนรวมสปอร์และเรณูในผ้าทุกชนิดมีค่าลดลงต่ำกว่า 30 เม็ด และการซักล้างผ้าพอลิเอสเตอร์โดยใช้มือด้วยน้ำที่ผสมผงซักฟอกมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยจำนวนรวมสปอร์และเรณูมีค่าลดลงเป็นอย่างมาก (6.50 ± 0.71 เม็ด) เมื่อเปรียบเทียบกับ การซักโดยใช้มือด้วยน้ำเพียงอย่างเดียว (275.00 ± 35.35 เม็ด) (ภาพที่ 2) อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าจำนวนรวมสปอร์และเรณูบนผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเตอร์ และผ้าเดนิม ที่ได้หลังจากการซักล้างโดยใช้วิธีเดียวกันนั้นมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Zavada *et al.* (2007) พบว่าการสกัดเรณูออกจากผ้าจำนวนห้าชนิดคือ ผ้าฝ้าย ผ้าขนสัตว์ ผ้าพอลิเอสเตอร์ ผ้าไหม และผ้าลินินโดยใช้น้ำและสารซักล้าง (detergent) ทำให้เรณูที่อยู่บนผ้าหลุดออกไปเป็นจำนวน 99.90% ภายหลังจากการซักล้างครั้งแรก ตรวจพบเรณูได้น้อยกว่า 0.01% ภายหลังจากการซักล้างครั้งที่สองและไม่สามารถตรวจพบได้ภายหลังจากการซักล้างครั้งที่สาม นอกจากนี้ Uitdehage *et al.* (2010) พบว่าจำนวนโดอะตอมที่สกัดจากผ้าฝ้ายที่ผ่านการซักโดยใช้ผงซักฟอกจะมีปริมาณน้อยลงเมื่อเทียบกับการซักล้างโดยใช้น้ำเพียงอย่างเดียว เป็นไปได้ว่าแรงกลจากการซักโดยใช้มือและเครื่องซักผ้า นั้นทำให้น้ำและผงซักฟอกสามารถแทรกซึมเข้าเส้นใยของเสื้อผ้าได้มากขึ้นส่งผลให้คราบสกปรก รวมถึงสปอร์และเรณูหลุดออกจากเส้นใยได้เป็นจำนวนเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการซักล้างโดยปราศจากแรงกลและสารซักล้าง นอกจากนี้สารป้องกันการคืนกลับของสิ่งสกปรกในผงซักฟอกนั้น อาจสามารถป้องกันการคืนกลับเข้าเกาะติดเนื้อผ้าของสปอร์และเรณูได้ (Presoton, 1947; Bajpai and Tyagi, 2007) จึงทำให้จำนวนสปอร์และเรณูในผ้าลดลงเมื่อซักโดยใช้น้ำที่ผสมผงซักฟอกในการซักล้าง

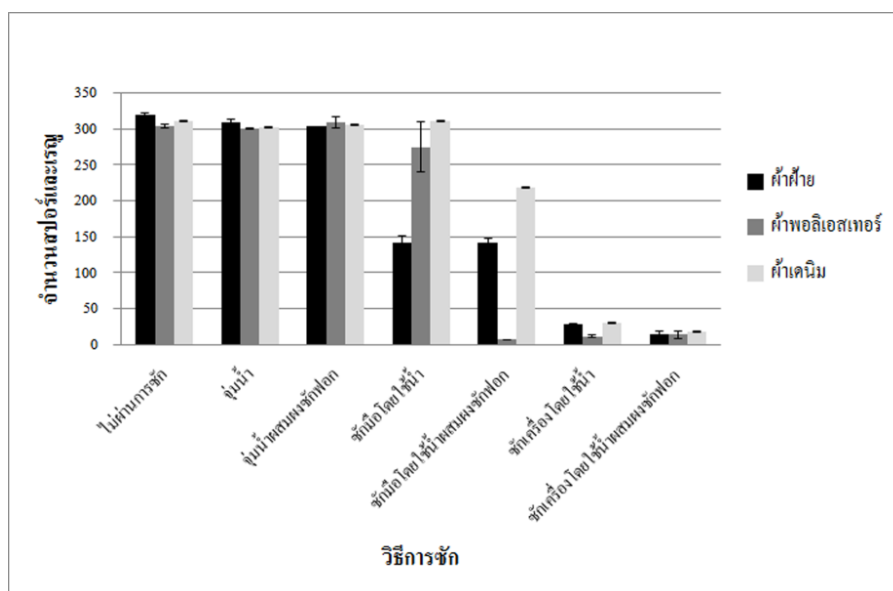
อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาพบว่าจำนวนรวมสปอร์และเรณูที่ได้หลังจากการซักล้างโดยใช้วิธีต่างๆ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในผ้าฝ้ายเท่านั้น (Chi square = 12.599, $P=0.050$) โดยค่าเฉลี่ยจำนวนรวมสปอร์และเรณูบนผ้าฝ้ายลดลงเหลือน้อยกว่า 150 เม็ด หลังจากการซักโดยใช้มือและลดลงเหลือน้อยกว่า 30 เม็ด หลังจากการซักโดยใช้เครื่องซักผ้าทั้งด้วยน้ำเพียงอย่างเดียวและน้ำที่ผสมผงซักฟอก (ภาพที่ 2) เป็นไปได้ว่าการที่ผ้าฝ้ายถูกซักอย่างหลวมๆ (ภาพที่ 1n) ทำให้แรงกลจากการซักและสารซักล้างมีผลต่อจำนวนสปอร์และเรณูอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Bull *et al.* (2006) ที่สรุปผลว่าชนิดของเนื้อผ้าหรือวัสดุที่เกาะเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อจำนวนพยานวัตถุทางเรณูวิทยา

เมื่อพิจารณาค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูบนผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเตอร์ และผ้าเดนิม ที่ได้หลังจากการซักโดยใช้วิธีต่างๆ พบว่าค่าดังกล่าวของสปอร์ของโปรงทะเล เรณูของขบาและจามจรีบนผ้าทั้งสามชนิด รวมถึงเรณูของลำพูทะเล อินทินิลน้ำ กระจุดมทองเลื้อย หญ้าขจรจบดอกเหลืองและกกอียิปต์ บนผ้าพอลิเอสเตอร์ และ เรณูของกกอียิปต์บนผ้าเดนิม มีแนวโน้มไม่แตกต่างกันหลังจากการซักด้วยวิธีต่างๆ (ภาพที่ 3) ค่าความชุกชุมสัมพัทธ์เรณูของสนสามใบบนผ้าฝ้าย และผ้าเดนิมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความชุกชุมสัมพัทธ์เรณูของสนสามใบบนผ้าพอลิเอสเตอร์ และเรณูของลำพูทะเลบนผ้าฝ้ายและผ้าเดนิมมีแนวโน้มลดลงหลังจากการซักล้าง นอกจากนี้เป็นที่น่าสนใจว่าค่าความชุกชุมสัมพัทธ์เรณูของสนสามใบบนผ้าพอลิเอสเตอร์และเรณูของอินทินิลน้ำ กระจุดมทองเลื้อย หญ้าขจรจบดอกเหลืองและกกอียิปต์บนผ้าฝ้ายและผ้าเดนิมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นถึงแม้ว่าจะผ่านการซักโดยใช้เครื่องซักผ้าก็ตาม (ภาพที่ 3) อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูบนผ้าฝ้าย ผ้าพอลิเอสเตอร์ และ ผ้าเดนิม ที่ได้หลังจากการซักล้างโดยใช้

วิธีเดียวกัน รวมถึงค่าความซุกซมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่พบบนผ้าชนิดเดียวกันหลังจากการซักล้างโดยใช้วิธีที่แตกต่างกัน นั้นมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

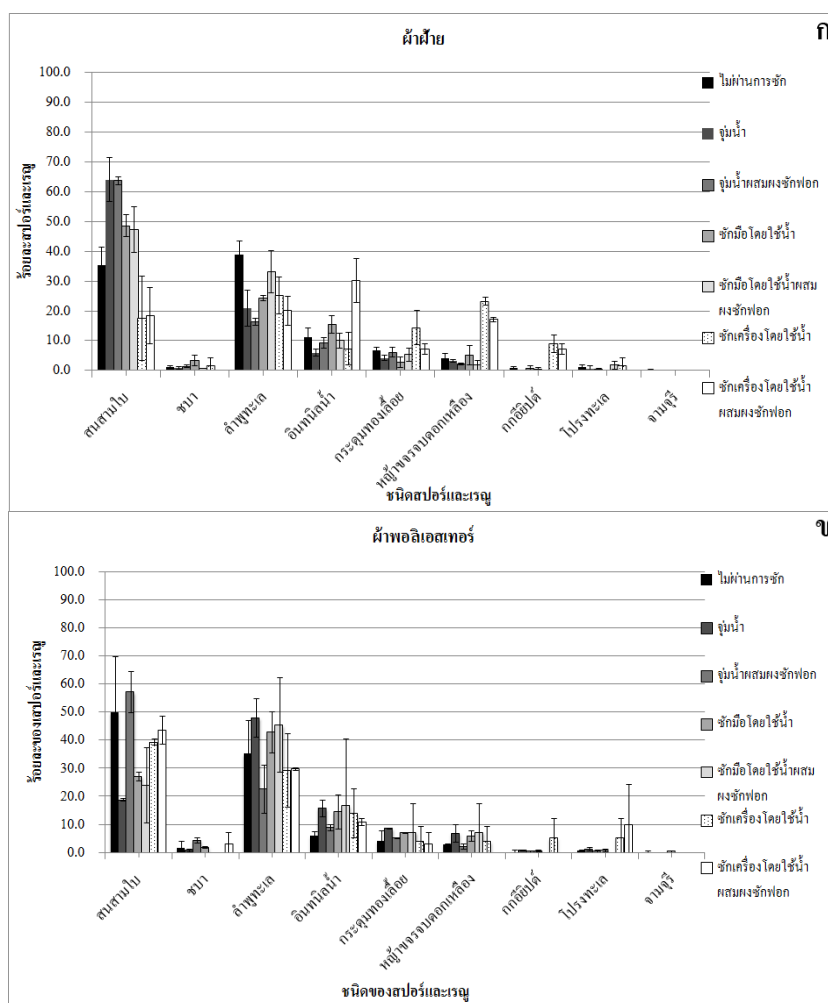


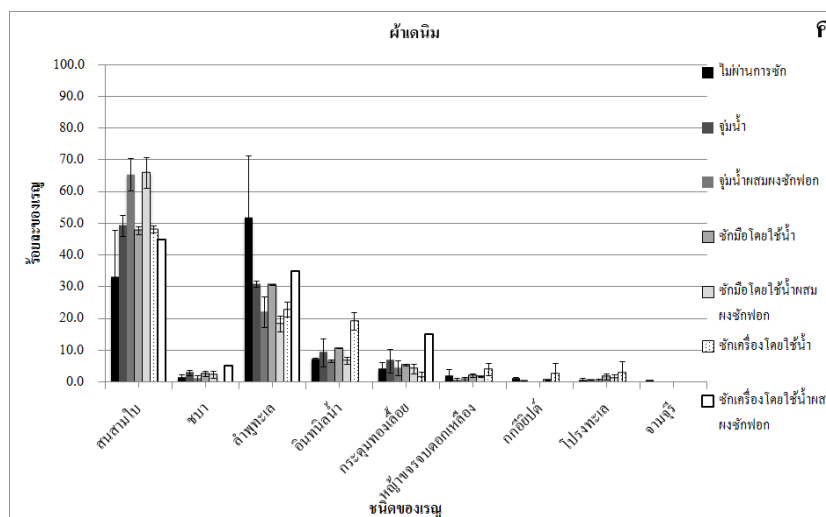
ภาพที่ 1 สปอร์และเรณูติดบนเส้นใยหรือแทรกอยู่ระหว่างเส้นใยผ้าชนิดต่างๆ ก-ค: ก ผ้าฝ้าย; ข ผ้าพอลิเอสเตอร์; ค ผ้าเดนิม
แถบมาตราส่วน = 300 ไมโครเมตร



ภาพที่ 2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยจำนวนรวมสปอร์และเรณูในผ้าชนิดต่างๆ (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (2 ซ้ำ)

การเพิ่มขึ้น ลดลงหรือคงที่ของค่าความซุกซุ่มสัมพันธ์ของสปอร์และเรณูในการทดลองครั้งนี้ มีผลจากวิธีการคำนวณค่าดังกล่าว กล่าวคือเมื่อค่าความซุกซุ่มสัมพันธ์สปอร์หรือเรณูตัวใดตัวหนึ่งเพิ่มขึ้นหรือลดลง จะส่งผลโดยตรงต่อค่าดังกล่าวของตัวที่เหลืออยู่ที่ การศึกษาของ Phuphumirat *et al.* (2013, อยู่ระหว่างเสนอลงตีพิมพ์) และ Phuphumirat *et al.* (2015) ได้ระบุถึงข้อควรระวังในการใช้ค่าความซุกซุ่มสัมพันธ์และการวิเคราะห์ทางสถิติต่างๆเพื่อใช้ในการแปลผลทางเรณูวิทยา ซึ่งอาจทำให้ผู้ศึกษาแปลผลไปในทิศทางที่ตรงกันข้ามกับความเป็นจริง อย่างไรก็ตามการที่ค่าความซุกซุ่มสัมพันธ์ของสปอร์และเรณูไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการทดลองต่าง ๆ นั้น ทำให้เห็นว่าถึงแม้ว่าการชักล้างจะมีผลทำให้จำนวนสปอร์และเรณูในเสื้อผ้าลดลงแตเมื่อนำมาคำนวณเป็นค่าความซุกซุ่มสัมพันธ์แล้ว จำนวนดังกล่าวก็ยังเพียงพอที่จะทำให้สปอร์และเรณูมีศักยภาพในการเป็นพยานวัตถุทางนิติวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี (Bull *et al.*, 2006; Mildenhall, 2008)





ภาพที่ 3 กราฟแสดงค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูในผ้าชนิดต่างๆ ก-ค; ก ผ้าฝ้าย; ข ผ้าพอลิเอสเตอร์; ค ผ้าเดนิม (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (2 ซ้ำ)

4.สรุปผลการวิจัย

เนื่องจากสปอร์และเรณูสามารถถูกดักจับได้โดยเส้นใยของเสื้อผ้า จึงทำให้เสื้อผ้าเป็นแหล่งพยานวัตถุทางเรณูวิทยาที่มีศักยภาพ การวิจัยชิ้นนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาผลของเนื้อผ้าและการซักล้างต่อจำนวนและค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่พบในเครื่องแต่งกาย ผลการวิจัยพบว่าแรงกลซึ่งเกิดจากการซักล้างและสารซักล้างนั้นมีผลทำให้จำนวนสปอร์และเรณูที่พบหลังจากการซักล้างมีค่าน้อยลง อย่างไรก็ตามเนื่องจากค่าความชุกชุมสัมพัทธ์ของสปอร์และเรณูที่พบในเสื้อผ้าหลังจากการซักล้างด้วยวิธีต่างๆไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงสรุปได้ว่าเสื้อผ้าที่ผ่านการซักล้างมาแล้ว ยังคงเป็นแหล่งพยานวัตถุทางนิติเรณูวิทยาได้เป็นอย่างดี

5. เอกสารอ้างอิง

- Bajpai, D. and Tyagi, V.K. 2007. Laundry Detergent: An Overview. *Journal of Oleo Science*. 56. 327-340.
- Bryant, V.M., Jones, J.G. and Mildenhall, D.C. 1990. Forensic palynology in the United States of America. *Palynology* 14: 193–208. DOI: 10.1080/01916122.1990.9989380.
- Bull, P.A., Morgan, R.M., Sagovsky, A. and Hughes, G.J.A. 2006. Transfer and Persistence of Trace Particulates: Experimental studies using clothing fabrics. *Science & Justice*.43, 185-195
- Horrocks, M. and Walsh, K.A.J. 1998. Forensic palynology: Assessing the value of the evidence. *Review of Palaeobotany and Paly- nology* 103: 69–74. DOI: 10.1016/S0034-6667(98)0027-X.
- Mildenhall, D.C. 2005. *Hypericum* pollen determines the presence of burglars at the scene of a crime: An example of forensic palynology. *Forensic Science International*. 163, 231-235.
- Mildenhall, D.C. 2008. Civil and criminal investigations. The use of spores and pollen . *SIAC-Journal*. 4, 35-52.
- Mildenhall, D.C. Wiltshire, P.E.J. and Bryant, V.M. 2006. Forensic palynology: Why do it and how it works. *Forensic Science International*. 163. 163-172.

- Milne, L.A., Bryant, V.M. and Mildenhall, D.C. 2005. Forensic Palynology. In Forensic botany: principles and applications to criminal casework. H.M. Coyle, editor. CRC Press, Florida, U.S.A., pp. 235-237.
- Phumphumirat, W., Zetter, R., Hofman, C.C., Ferguson, D.K., 2013. Pollen distribution and deposition in mangrove sediment of the Ranong Biosphere Reserve, Thailand. Review of Palaeobotany and Palynology, submitted for publication.
- Phumphumirat, W., Zetter, R., Hofman, C.C., Ferguson, D.K., 2015. Pollen degradation in mangrove sediment: A short-term experiment. Review of Palaeobotany and Palynology. 221. 106-116
- Preston, W.C. 1947. Detergent Composition. United states patent office. 18. 1-6
- Uitdehaag, S., Dragutinovic, A. and Kuiper, I. 2010. Extraction of diatoms from (cotton) clothing for forensic comparison. Forensic Science International. 200, 112-116.
- Zavada, M.S., McGraw, S.M. and Miller, M.A. 2007. The role of clothing fabrics as passive pollen collectors in the north-eastern United States. Grana. DOI: 10.1080/00173130701780104

