

ชีววิทยาของดอกและการติดผลกฤษณา

FLORAL BIOLOGY AND FRUIT SET OF *AQUILARIA CRASSNA* PIERRE EX LECOMTE

สุวรรณ ตั้งมิตรเจริญ	(Suwan Tangmitcharoen) ¹
พวงพรรณ ยงรัตนา	(Phuangphan Yongrattana) ¹
วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง	(Vitoon Luangviriyasaeng) ¹
วัฒนชัย ตาเสน	(Wattanachai Tasen) ²
ประวัติศาสตร์ จันทรเทพ	(Prawatsart Chanthep) ³
สุชาดา แสงทับทิม	(Suchada Saengtubtim) ⁴

บทคัดย่อ

กฤษณาเริ่มออกดอกตั้งแต่ต้นเดือนมีนาคมและทยอยบานไปจนถึงเดือนพฤษภาคม ระยะดอกย่อยพัฒนาเป็นช่อดอกที่พัฒนาเต็มที่ใช้เวลา 3 สัปดาห์ ดอกที่ไม่ได้รับการผสมเกสรหรือผสมไม่ติดจะร่วงภายใน 5 วัน ดอกเป็นแบบสมบูรณเพศ ประกอบด้วย วงกลีบเลี้ยง วงกลีบดอก วงเกสรเพศผู้ และวงเกสรเพศเมีย เรณูเป็นรูปทรงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20–25 ไมครอน มีผนังแบบ gemmate ยอดเกสรเพศเมียมีรูปร่างเป็นกระจุกกลม ยาว 0.7 มม. มีผิวขรุขระแบบ papillae ดอกเริ่มบานในช่วงเย็นตั้งแต่เวลาประมาณ 16.30 น. ถึงเวลา 18.30 น. แต่ส่วนใหญ่บานเต็มที่เวลา 18.00 น. เกสรต่างเพศในดอกเดียวกันแต่ไม่พร้อมกันแบบ protandry ค่าเฉลี่ยจำนวนเรณูต่ออับเรณูของไม้กฤษณา คือ 1,937 และจำนวนเรณูต่อดอก (แต่ละดอกมี 10 อับเรณู) คือ 18,956 ค่าสัดส่วนของจำนวนเรณูต่อออวูล (P/O ratio) คือ 9,685.5 ซึ่งจัดว่ามีระดับการผสมข้ามสูงที่เรียกว่า obligate xenogamy หรือกล่าวได้ว่ากฤษณาจำเป็นต้องได้รับการผสมข้ามในการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติ อัตราการติดผลตามธรรมชาติอยู่ในเกณฑ์ต่ำ (2.23%) และอัตราการติดผลของผสมเกสรในตัวเอง พบว่า ไม่มีช่อดอกใดติดผลเลย ค่าความสำเร็จการสืบพันธุ์ของกฤษณา มีค่าเฉลี่ยต่ำ คือ เท่ากับ 0.05 โดยปรากฏการณ์ที่ดอกจำนวนน้อยที่สามารถเจริญพัฒนาไปเป็นผล แต่ออวูลส่วนใหญ่สามารถพัฒนาเป็นเมล็ดที่สมบูรณ์ บ่งชี้ว่าการร่วงหล่นของผลเกิดขึ้นในอัตราสูงกว่าการชะงักการเจริญเติบโตของเมล็ด

¹ นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ E-mail : suwan@forest.go.th,

suwan@hotmail.com

² ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

³ อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

⁴ สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรการป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง

1. ชีพวัฏจักรการออกดอก (Flowering phenology)

จากการศึกษาการออกดอกผลของกฤษณาที่บริเวณอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จำนวน 12 ต้น จาก 3 แหล่ง (มอสิงโต ศูนย์ฝึกอบรมการป่าไม้เขาใหญ่ และน้ำตกผากล้วยไม้) พบว่า กฤษณาเริ่มออกดอกตั้งแต่ต้นเดือนมีนาคม และทยอยบานไปถึงเดือนพฤษภาคม ดอกกำเนิดจากตายอด (terminal bud) และตาตามง่าม (axillary buds) พร้อมๆ กับการผลิใบใหม่ โดยจากตาดอก (ขนาด 2 มม.) พัฒนาเป็นช่อดอก ถึงระยะดอกพัฒนาเต็มที่และบานใช้เวลาประมาณ 3 สัปดาห์ ช่อดอกเป็นแบบช่อ (umbel) ซึ่งก้านดอกย่อยมีขนาดต่างกันเล็กน้อย

ในแต่ละช่อดอกที่เจริญเต็มที่ ส่วนใหญ่ดอกไม้บานทุกวัน การบานของดอกเริ่มจากเริ่มจากขอบนอกสู่กลางช่อดอกโดยทยอยบานครั้งละ 1 ดอก และดอกไม้ที่ไม่ได้รับการผสมเกสร (lack of pollination) หรือผสมไม่ติด (incompatibility) จะร่วงภายใน 5 วัน จำนวนดอกย่อยต่อช่อ มีตั้งแต่ช่อดอกมีดอกย่อย (floret) เดียวจนถึง 17 ดอกย่อย/ช่อ แต่ส่วนใหญ่มีจำนวน 4–7 ดอกย่อย/ช่อ หรือมีค่าเฉลี่ย 7 ดอกย่อย/ช่อ แต่ละต้นมีความแปรผันและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($F=78.217$, $df=2$, $P<0.001$) คือ ต้นที่ 1, ต้นที่ 2 และ ต้นที่ 3 เป็น 8, 7 และ 4 ดอกย่อย/ช่อ ตามลำดับ (ตารางที่ 2-1)

ตารางที่ 2-1 จำนวนดอกต่อช่อของกฤษณา จากการศึกษาที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่

ต้น	จำนวนดอกต่อช่อ	ช่วงจำนวนดอกที่ศึกษา (Ranging)	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	จำนวนดอกที่ศึกษา
T1	8.15	1-17	0.30	100
T2	7.16	3-13	0.22	100
T3	4.36	2-6	0.08	100
เฉลี่ย/รวม	6.56	1-17	1.12	300

2. สัณฐานวิทยาช่อดอกย่อย (Floral morphology)

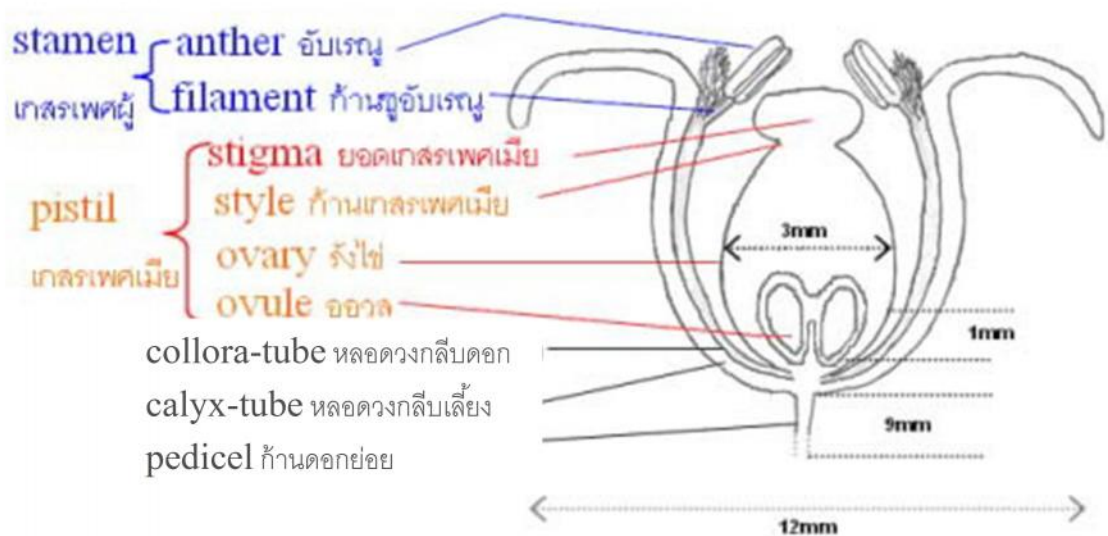
กฤษณาเป็นพืชสมบูรณเพศ (polygamo-monoecious plant) และในแต่ละช่อดอกย่อยเป็น ดอกสมบูรณเพศ (perfect flower) สมมาตรของดอกเป็นแบบ ดอกสมมาตรตามรัศมี (regular flower) ลักษณะแบบทรงกลม (cyclic)

ขนาดดอกทั้งกว้างและยาวของทั้ง 3 ต้น มีความแปรผัน (กว้าง 10.2–13.8 มม. ยาว 4.2–5.8 มม.) และแตกต่างกันทางอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($F=458.881$, $df=2$, $P<0.01$; $F=332.741$, $df=2$, $P<0.01$, ตามลำดับ) โดยความกว้างและยาวเฉลี่ยคือ 12.1 ± 0.12 มม. และ 4.9 ± 0.05 มม. ตามลำดับ ($n=234$) ก้านดอก (peduncle) ยาว 8–10 มม. ไม่มีฐานรองดอก

ดอกย่อยประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ หลอดวงกลีบเลี้ยง (calyx-tube) หลอดวงกลีบดอก (collora-tube) วงเกสรเพศผู้ (androecium) และวงเกสรเพศเมีย (gynoecium) (ภาพที่ 2-1 และ 2-2)



ภาพที่ 2-1 ด้านบน (A) และด้านข้าง (B) ของดอกกฤษณา ซึ่งบานระหว่าง 16.30-19.00 น.
(ส่วนมากบานเวลา 18.00 น.)



ภาพที่ 2-2 โครงสร้างของดอกกฤษณาซึ่งเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ เกสรเพศผู้ เกสรเพศเมีย หลอดกลีบดอกและหลอดกลีบเลี้ยง

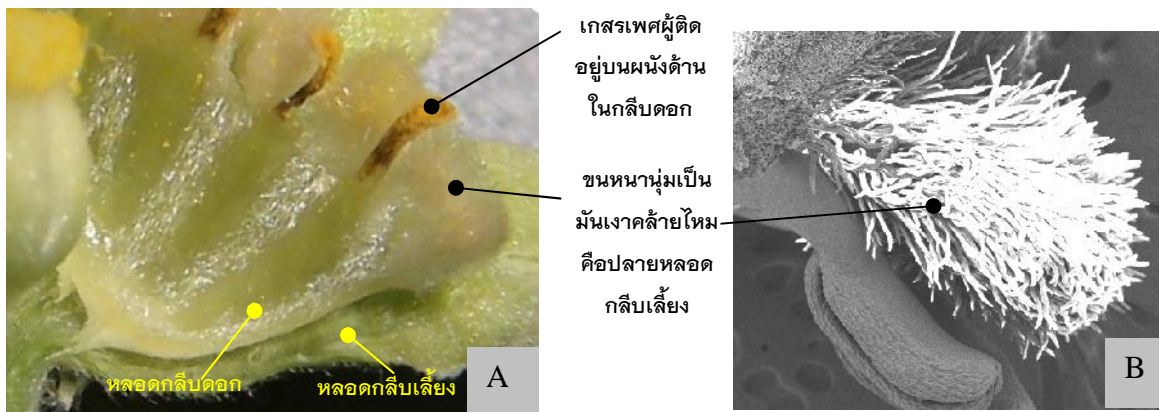
2.1 วงกลีบเลี้ยงสีเขียวอ่อนเชื่อมติดกันยาวเป็นหลอด รูปร่างเป็นรูปถ้วย (cup-shaped) สีเขียว ปลายกลีบแยกเป็น 5 กลีบ รูปร่างกลีบเป็นรูปไข่ (ovate) ขอบกลีบเรียบ (smooth) ปลายกลีบมนถึงกลม (obtuse to rounded) มีสิ่งปกคลุมด้านนอกเป็นขนสั้นค่อนข้างหยัก (villose) แบบใยไหม เมื่อดอกบานเต็มที่ปลายกลีบเลี้ยงแผ่ออกตามแนวระนาบ ปลายกลีบโค้งลงเล็กน้อย ความกว้างเฉลี่ย 12 มม. จากการตรวจนับจำนวน พบว่า ส่วนมากมีจำนวน 5 กลีบ (96.57%) แต่บางครั้ง พบว่า มี 4 (2.64%), 6 (0.64%) หรือ 7 (0.14%) กลีบปะปนอยู่บ้าง (ตารางที่ 2-2)

ตารางที่ 2-2 จำนวนกลีบดอกกฤษณา ซึ่งพบว่าอาจมีตั้งแต่ 4-7 กลีบ แต่ส่วนมากมี 5 กลีบ

ต้น	4 กลีบ	5 กลีบ	6 กลีบ	7 กลีบ	จำนวนดอกที่ศึกษา
T1	1	99			100

T2	16	482	1	1	500
T3	17	580	3		600
T4	3	191	5	1	200
Total	37	1352	9	2	1400
%	2.64	96.57	0.64	0.14	1400

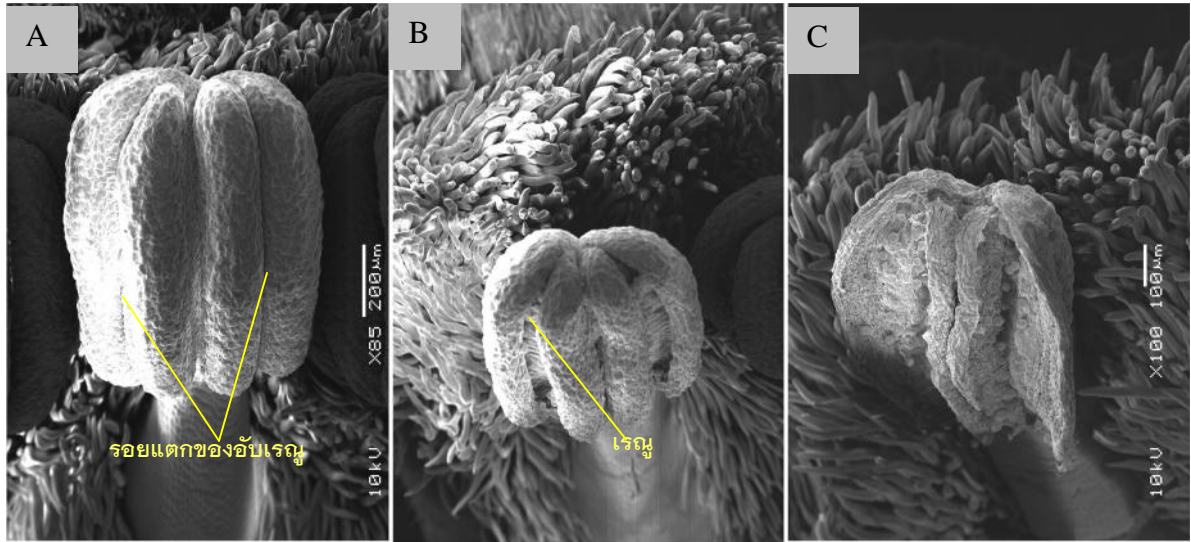
2.2 วงกลีบดอกสีเหลืองปนเขียวเชื่อมติดกันยาวเป็นหลอด โดยส่วนใหญ่เชื่อมติดกับหลอดวงกลีบเลี้ยง ตั้งแต่ส่วนโคนดอกจนถึงปลายกลีบ รูปร่างเป็นรูปโดม (dome-shaped) มีสิ่งปกคลุมด้านนอกเป็นขนสั้นค่อนข้างหยาบ (villose) แบบใยไหม ปลายเป็น 10 แฉก (lobe) สีครีม แต่ละแฉกยาว 1.5 มม. เรียงตัวสลับกับวงเกสรเพศผู้คล้ายเป็นเกล็ด (scale) ที่โคนแฉกของหลอดวงกลีบดอก จำนวน 10 เกล็ด คืออยู่บนหลอดกลีบดอกละ 2 เกล็ด ติดอยู่บนรอยแยกของหลอดวงกลีบดอก แต่จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่า เกล็ดดังกล่าว คือปลายกลีบดอก (collora tip) ซึ่งประกอบด้วยกระจุกขนหนาแน่นเป็นมันเงาคล้ายไหมแบบ villose (แบบเดียวกับที่ปกคลุมวงหลอดกลีบดอกอยู่คือขนหยาบแต่ยาวกว่า) ยาว 1.5–2 มม. (ภาพที่ 2–3A, B) ทำให้รายงานบางฉบับกล่าวว่า ไม่มีกลีบดอก (ดีพร้อม, 2537; การ์ดเนอร์, 2543; ทองพูล, 2543) หรือกลีบดอกสั้น (1–1.5 มม.) (ปรัชญา, 2549; Peterson, 1997)



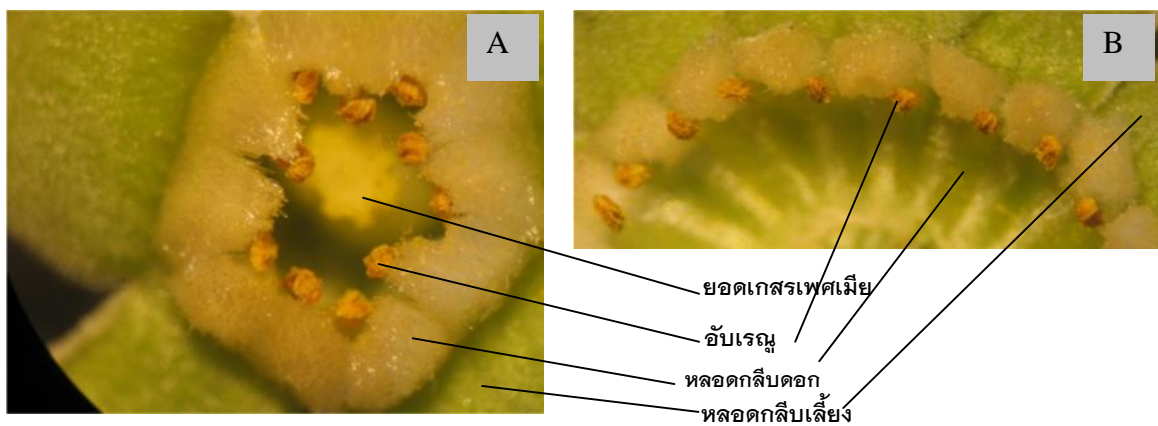
ภาพที่ 2–3 ภาพขยายของหลอดกลีบดอกและหลอดกลีบเลี้ยงของดอกกฤษณา ซึ่งแสดงการติดของอับเรณู (A) และภาพจากกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Micrographs–SEM) มีลักษณะเป็นขนอุย (villos) ที่ปลายหลอดกลีบดอก

2.3 วงเกสรเพศผู้ ประกอบด้วยเกสรเพศผู้ (stamen) มี 10 อับเรณู (anther) แต่ละอับเรณูยาว 1.5 มม. รูปร่างขอบขนาน สีเหลือง หันรอยแตกเข้าด้านใน (introse) ประกอบด้วย 2 พู (micro sporangia) ซึ่งแต่ละพู ประกอบด้วย 1 ห้อง (chamber) (ภาพที่ 2–4) แต่ละอับเรณูมีเรณู 1,937 เรณู หรือประมาณ 18,956 ต่อดอก ก้านอับเรณูยาวเท่ากัน (homofilamentous stamen) ยาว 0.5 มม. ติดอยู่บนผนังด้านในของหลอดกลีบดอก (epipetalous stamen) (ภาพที่ 2–3A, B) โดยอยู่บนหลอดกลีบดอกๆ ละ 2 อันและ

ชุกอยู่ระหว่างกระจุกขนของกลีบดอก (antisepalous anther) ในตำแหน่งบริเวณกลางและรอยแยกของหลอดกลีบดอกแต่ละแฉก (ภาพที่ 2-5A, B) ก้านชูติดอัปเรณูที่ปลายด้านหนึ่งของอัปเรณู (basifixed) เมื่อดอกบานจะเห็นอัปเรณูโผล่พ้นกลีบดอกเล็กน้อย เรณูเป็นรูปทรงกลม (spherical) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20-25 ไมครอน ซึ่งเมื่อจัดชั้นขนาดของเรณูที่จัดว่า เรณูขนาดเล็ก (อ้างตามลาวัลย์, 2534) และลักษณะผนังเรณู (exine) เป็นแบบ gemmate (ภาพที่ 2-7D)

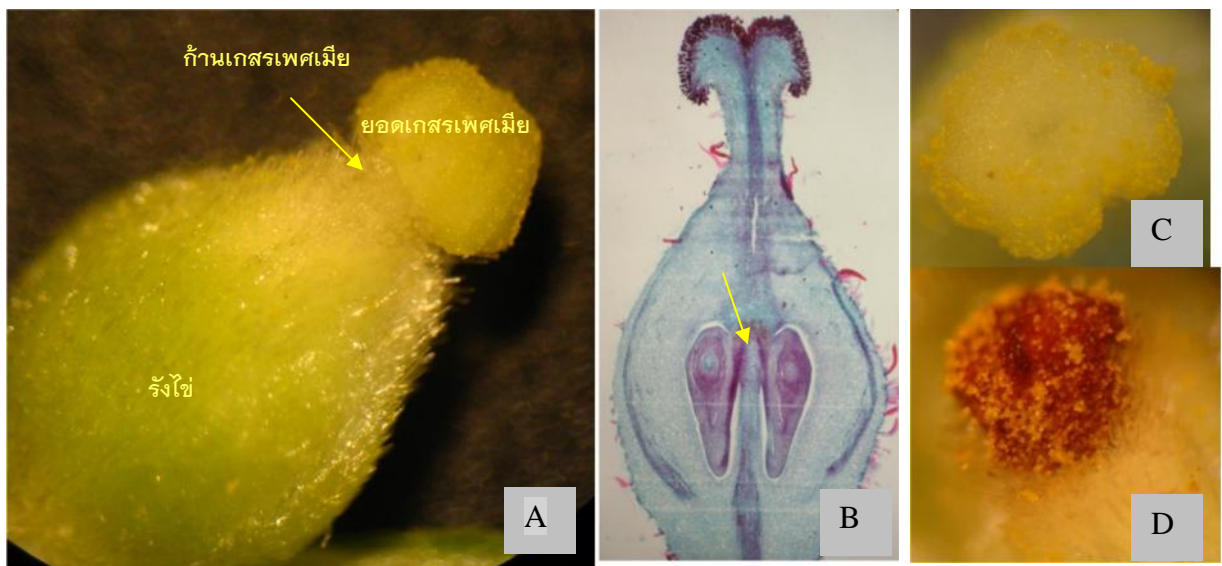


ภาพที่ 2-4 ภาพจากกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราดของอัปเรณูกฤษณา แสดงลักษณะของอัปเรณูที่มี 2 พู (แต่ละพูมี 1 ห้อง) A) อัปเรณูก่อนดอกบาน 4 ซม. B) อัปเรณูขณะดอกบาน C) อัปเรณู 48 ซม. หลังดอกบาน



ภาพที่ 2-5 A) ภาพขยายมองจากด้านบนของดอกกฤษณา B) ส่วนของหลอดกลีบเลี้ยงที่แผ่ให้เห็น การเรียงตัวของอัปเรณูแบบ antipetalous

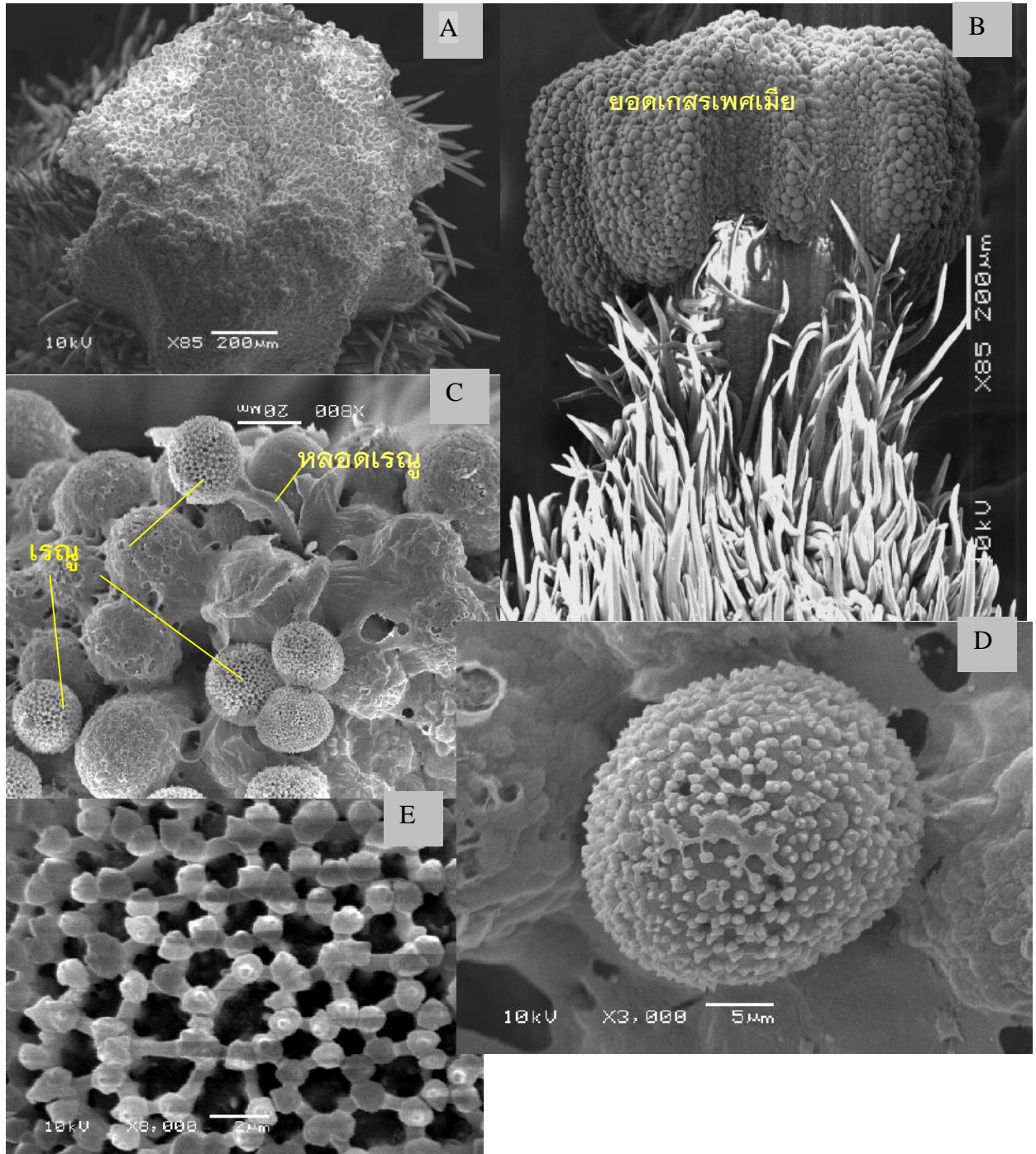
2.4 วงเกสรเพศเมีย ประกอบด้วยเกสรเพศเมีย (pistil) ยาว 4 มม. ประกอบด้วยรังไข่ (ovary) ก้านเกสรเพศเมีย (style) และยอดเกสรเพศเมีย (stigma) ตำแหน่งรังไข่เป็นแบบ flower epigynous คือ ส่วนของรังไข่อยู่เหนือวงกลีบ (superior ovary) และเกสรเพศผู้อยู่เหนือรังไข่ รังไข่ลักษณะค่อนข้างเป็นทรงกลมคล้ายแจกันสั้นสีเขียวอ่อน มีขนสั้นค่อนข้างหยัก (villose) ปกคลุม เส้นผ่าศูนย์กลางที่เป็นด้านกว้างประมาณ 3 มม. และความยาว (ด้านแคบ) ประมาณ 2 มม. ก้านเกสรเพศเมียสั้นมาก (< 1 มม.) เชื่อมต่อเนื่องกับยอดเกสรเพศเมีย (style continuous) (ภาพที่ 2-6) ยอดเกสรเพศเมีย มีรูปร่างเป็นกระจุกกลม (capitate) ยาว 0.7 มม. มีผิวขรุขระเป็นตุ่มกลมแบบ papillae (ภาพที่ 2-7A, B) รังไข่ประกอบด้วยช่องว่าง (locule) จำนวน 2 ช่อง แต่ละช่องบรรจุ 1 ออวูล ยาว 1 มม. พลาเซนตาติดที่แกนกลาง (axile placentation) (ภาพที่ 2-6B)



ภาพที่ 2-6 เกสรเพศเมียของดอกกฤษณา A) รังไข่ปกคลุมด้วยขนค่อนข้างหยัก (villos hairs) B) ภาพตัดด้านยาวของดอกที่บาน แสดงพลาเซนตาติดที่แกนกลาง (ลูกศร) C) ภาพจากมองด้านบนของยอดเกสรเพศเมียในวันที่ดอกบาน D) ภาพยอดเกสรเพศเมีย 3 วันหลังดอกบาน

3. ช่วงเวลาการผสมเกสร (Pollination period)

ดอกกฤษณาเริ่มบานตั้งแต่เวลา 16.30-18.30 น แต่ส่วนมากบานเต็มที่ เวลา 18.00 น. ดอกทยอยบานที่ละกลีบ โดยใช้เวลาที่ดอกบานตั้งแต่กลีบแรกถึงกลีบสุดท้ายประมาณ 20 นาที เกสรต่างเพศในดอกเดียวกันแก่ไม่พร้อมกัน (dichogamy) เป็นแบบ protandry คือ อับเรณูแตก (anther dehiscence) ก่อนที่ยอดเกสรเพศเมียจะพร้อมรับเรณู อับเรณูเริ่มแตกเวลา 13.00 น หรือกล่าวได้ว่าอับเรณูแตกก่อนความพร้อมผสมของเกสรเพศเมียไม่เกิน 4 ชม. อับเรณูแตกตามยาว (longitudinal) ตามรอยช่องเปิด (stromium) รูปร่างและลักษณะของยอดเกสรเพศเมียเอื้ออำนวยให้เรณูติดได้มากและง่าย เนื่องจากยอดเกสรมีรูปร่างเป็นกระจุกมีพื้นที่ผิวทั้งด้านบนและด้านข้างมาก ทำให้เรณูมีโอกาสตกลงบนผิวได้มาก และลักษณะผิวขรุขระช่วยให้เรณูติดบนยอดเกสรได้ง่ายแล้ว



ภาพที่ 2-7 ภาพจากกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราดของยอดเกสรเพศเมียภายหลังดอกบาน 3 ชั่วโมง
 A) มองจากด้านล่าง B) มองจาทางด้านล่างแสดงรูปร่างแบบกระจุกลม C) พิวยอดเกสรแบบ papillae มีเรณูและหลอดเรณูติดอยู่ D) ภาพขยายจาก C) แสดงเรณูและสารเยิ้ม exudates
 E) เรณูขนาดเล็ก (20-25 ไมครอน) แสดงผิวนอก (exine) ของเรณู

นอกจากนี้ขณะดอกบานมีสารเหนียว (stigmatic fluid) เยิ้มออกมา (ภาพที่ 2-7C, D) เชื้ออำนวยการให้เรณูติดได้มั่นคงขึ้น เรณูที่ตกลงบนยอดเกสรนี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแต่อย่างใด เรณูงอกหลอดเรณูภายใน 3 ชม. หลังดอกบาน โดยหลอดเรณูงอกลงไประหว่างช่องว่าง papillae (ภาพที่ 2-7C) จากการสังเกตยอดเกสรเพศเมีย พบว่า ช่วงที่ยอดเกสรเพศเมียพร้อมรับเรณู (receptive period) ค่อนข้างนานคือ ตั้งแต่ดอกเริ่มบานถึงหลังดอกบานอย่างน้อย 12 ชม. แต่ไม่เกิน 48 ชม. หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ดอกพร้อมรับเรณูตั้งแต่เริ่มบานในตอนเย็นจนถึงเช้าวันรุ่งขึ้น แต่ไม่เกิน 18.00 น ของวันถัดไป

4. ค่าสัดส่วนของจำนวนเรณูต่อออวุลและระดับการผสมข้าม (the P:O ratio and outcrossing level)

จากการตรวจนับจำนวนเรณูต่ออับเรณูของต้นกฤษณาจำนวน 2 ต้น พบว่า มีค่าเฉลี่ย $1,937.1 \pm 16.34$ โดยต้นที่ 1 มีจำนวนเรณูต่ออับเรณูอยู่ในช่วง 1,626–2,371 (เฉลี่ย $1,895 \pm 25.61$) และต้นที่ 3 มีจำนวนเรณูต่ออับเรณูอยู่ในช่วง 1,728–2,309 (เฉลี่ย $1,978 \pm 18.61$) และจำนวนเรณูต่อดอกของต้นกฤษณาจำนวน 2 ต้น พบว่า มีค่าเฉลี่ย $19,371 \pm 147.12$ โดยต้นที่ 1 มีจำนวนเรณูต่อดอกอยู่ในช่วง 18,038–19,808 (เฉลี่ย $18,956 \pm 170.46$) และ ต้นที่ 3 มีจำนวนเรณูต่ออับเรณูอยู่ในช่วง 18,732–20,462 (เฉลี่ย $19,786 \pm 155.11$) (ตารางที่ 2-3) ทั้งนี้จำนวนเรณูต่ออับเรณูของกฤษณาใกล้เคียงกับไม้สัก ซึ่งมีจำนวน 2,100 เรณูต่ออับเรณู (Tangmitcharoen and Owens, 1997a) สำหรับจำนวนออวุลต่อดอก ของทั้ง 2 ต้นคือเฉลี่ย 2.0 หรือดอกทุกดอกที่ตรวจนับ (200 ดอก) มีจำนวนออวุลเท่ากับ 2

ตารางที่ 2-3 จำนวนเรณูในดอกกฤษณา

ต้น	จำนวนเรณูต่อดอก										ความคลาด	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย	เคลื่อน มาตรฐาน
T1	18,956	18,372	19,384	18,038	19,494	19,210	19,808	18,566	18,870	18,862	18,956	17,0.46
T3	19,696	20,174	19,880	20,200	19,348	19,830	20,462	19,590	18,732	19,948	19,786	15,5.11
เฉลี่ย											19,371	14,7.12

ค่าสัดส่วนของจำนวนเรณูต่อออวุล (P/O ratio) ของต้นที่ 1 และต้นที่ 3 คือ 9,478 และ 9,893 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น $9,685.5 \pm 29.34$ (ตารางที่ 2-4) สำหรับค่าสัดส่วนของจำนวนเรณูต่อออวุลในดอกที่พืชสร้างขึ้น ส่อให้เห็นถึงระบบการผสมพันธุ์ของพืช (Cruden, 1977) ค่า P/O ratio ที่พบในกฤษณานี้จัดว่ามีค่าสูง ซึ่งเมื่อนำมาจัดชั้นตามเกณฑ์การประเมินระดับการผสมข้ามของ Cruden (1977) แล้ว ปรากฏว่า กฤษณาจัดว่ามีระดับการผสมข้ามสูง ที่เรียกว่า obligate xenogamy ถือว่าเป็นระดับการผสมข้ามสูงสุด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า กฤษณาจำเป็นต้องได้รับการผสมข้ามในการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติ

ตารางที่ 2-4 สัดส่วนของเรณูต่อออวูล (The pollen-ovule ratio) ของกฤษณา

ต้น	จำนวนเรณูในดอก	จำนวนออวูลในดอก	ค่าสัดส่วนของจำนวนเรณูต่อออวูล
T1	18,956	2	9,478
T3	19,786	2	9,893
เฉลี่ย	19,371±58.69	2±0	9,685.5±29.34

ทั้งนี้ลักษณะ obligate outcrossing ที่พบในกฤษณานี้เหมือนกับที่มีรายงานก่อนหน้านี้ของไม้ในสกุล *Aquilaria* (Soehartono and Newton, 2001) และในไม้สัก (Tangmitcharoen and Owens, 1997a) อย่างไรก็ตาม ค่า P/O ratio นี้ยังไม่สามารถชี้ชัดถึงระบบสืบต่อพันธุ์ของไม้กฤษณาได้ คือเป็นสามารถใช้เพียงตัวชี้แบบกว้างๆ เท่านั้น แต่การจะระบุระบบสืบต่อพันธุ์โดยละเอียด จำเป็นต้องมีการศึกษาอื่น ๆ เพิ่มเติมอีก เช่น กลไกการถ่ายเรณู ดัชนี self-incompatibility เป็นต้น

5. การติดผลอ่อนและความสำเร็จของการสืบพันธุ์ (Initial fruit set and Reproductive success)

5.1 การติดผลอ่อนจากการผสมเองตามธรรมชาติ (Initial fruit set from opened pollination)

จากการศึกษาในปี 2549 พบว่า อัตราการติดผลของทั้ง 3 ต้น อยู่ในเกณฑ์ต่ำและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($F=2.546$, $df=2$, $P=0.082$) คือเฉลี่ย 2.23% โดยต้นที่ 3 ติดผลมากที่สุด (3.78%) รองลงมาคือต้นที่ 1 (0.81%) และต้นที่ 2 ติดผลน้อยที่สุด (0.81%) (ตารางที่ 2-5)

ตารางที่ 2-5 การติดผลระยะแรก (1 สัปดาห์หลังดอกบาน) ของกฤษณา

ต้น	การติดผล (%)	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	จำนวนช่อดอกที่ศึกษา	จำนวนดอก	จำนวนดอกที่พัฒนาเป็นผล
T1	2.09	0.07	40	344	7
T2	0.81	0.04	50	471	4
T3	3.78	1.32	50	236	10
เฉลี่ย/รวม	2.23	0.55	140	1,051	21

5.2 ความสำเร็จการสืบต่อพันธุ์ (Reproductive success-RS)

ค่า RS ของกฤษณาซึ่งจัดว่าต่ำนี้ มีค่าใกล้เคียงกับพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.056 (ประเสริฐ และ จินตนา, 2545) แต่สูงกว่าสัก (Tangmitcharoen and Owens, 1997) ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 0.011 ขณะที่พวงพรรณ และคณะ (2549) รายงานค่า RS ของมะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*) ว่ามีค่าเฉลี่ย มากกว่าไม้ชนิดอื่นคือ 0.39

ค่า RS ของไม้กฤษณามีค่าผันแปรระหว่าง 0.03–0.059 โดยมีค่าเฉลี่ย 0.05 (ตารางที่ 2–6) โดยค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนผลและดอกต่อช่อดอก (fr/fl) มีค่าต่ำกว่า (เฉลี่ย 0.05) ค่าสัดส่วนจำนวนเมล็ดต่อผลและจำนวนออวูลต่อดอก (s/o) (เฉลี่ย 0.93) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า มีดอกจำนวนน้อยที่เจริญพัฒนาไปเป็นผล แต่ออวูลส่วนใหญ่สามารถพัฒนาเป็นเมล็ดที่สมบูรณ์ ปรากฏการณ์นี้ บ่งชี้ว่าการร่วงหล่นของผล (fruit abortion) เกิดขึ้นในอัตราสูงกว่าการชะงักการเจริญเติบโตของเมล็ด (seed abortion)

ตารางที่ 2–6 ค่าความสำคัญของการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติของกฤษณา

ต้น	จำนวนดอกต่อ	จำนวนผลต่อ	Fr/Fl	จำนวนออวูล	จำนวนเมล็ด	S/O	RS
	ช่อดอก	ช่อ		ต่อดอก	ต่อผล		
	(FL)	(Fr)		(O)	(S)		
T1	6.44	0.35	0.054	2	1.95	0.98	0.053
T3	5.28	0.34	0.064	2	1.83	0.92	0.059
4	7.07	0.25	0.035	2	1.82	0.91	0.032
Avg.	6.26	0.31	0.05	2.00	1.87	0.93	0.05
SE	0.091	0.006	0.001	0.000	0.007	0.004	0.001
n	600	600		300	600		

เอกสารอ้างอิง

- ไซมอน การ์ดเนอร์. 2543. **คู่มือศึกษาพรรณไม้ยืนต้น ในป่าภาคเหนือ ประเทศไทย** โครงการจัดพิมพ์คปไฟ กรุงเทพฯ.
- ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. 2537. **กฤษณา**. ชมรมถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร อักษรสยามการพิมพ์ กรุงเทพฯ.
- ประเสริฐ สอนสถาพรกุล และ จินตนา บุพบรรพต. 2545. การเจริญพัฒนาของดอกไม้ยางพลา, น. 350–368. ใน **รายงานการประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี 2545**. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ
- ปรัชญา รัตมีธรรมวงศ์. 2549. **กฤษณา**. บริษัท นาคาอินเตอร์ มีเดีย จำกัด กรุงเทพฯ.
- พวงพรรณ ยงรัตน์ สุวรรณ ตั้งมิตรเจริญ และปทุม บุญนะฤทธิ. 2549. ชีพวัฏจักร ลักษณะดอกและผล และความสำเร็จของไม้มะขามป้อม. น. 81–92, ใน **รายงานผลการวิจัยประจำปี 2549**. สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้.
- มปป. 2007. กฤษณาไม้หอมมีค่า. http://www.thaiwoodcentral.com/blog/stories/post_47.html. 30 กรกฎาคม 2551.

ลาววัลย์ รัชสิทธิ์. 2534. **ละอองเรณู**. เอกสารวิชาการประกอบการเรียนการสอน ศูนย์หนังสือ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

Chakrabarty, K., A. Kumar, V. Menon. 1994. Trade in Agarwood. WWF-TRAFFIC, India.

Cruden R.W. 1977. Pollen-ovule ratio: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. **Evolution** 31: 32-46.

Ng L.T. , Y.S. Chang, A.A. Kadir. 1997. A review of Agar (Gaharu) producing *Aquilaria* spp. **J. Trop. For.Prod.** 2(2). 272-285

Peterson, Bo. 1997. Thymelaeaceae. *In* Santisuk, T. and Larsen K. (eds.) **Flora of Thailand** 6 (3)
The Forest Herbarium, Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. pp. 226-245.

Sidiyasa, K. 1986. Jenis-jenis Gaharu di Indonesia (Gaharu in Indonesia). **Jurnal Penelitian dan Pengembangan Kehutanan** 2(1), 7-16.

Soehartono T. and Newton A. C. 2001. Reproductive biology of *Aquilaria* spp. In Indonesia. **Forest Ecology Management** 152 : 59-71.

Tangmitcharoen S. and Owens J.N. 1997a. Floral biology, pollination, pistil receptivity, and pollen-tube growth of teak (*Tectona grandis* L.f.). **Annals of Botany**: 79: 227-241.

Tangmitcharoen S. and Owens J.N. 1997b. Pollen viability and pollen-tube growth following controlled pollination and their relation to low fruit production in teak (*Tectona grandis* Linn.f.): **Annals of Botany** 80 : 401-410.

Tangmitcharoen S. 1997. **Technique for controlled-hand pollination of teak (*Tectona grandis* Linn.f.)**. A Manual. ASEAN-Canada Forest Tree Seed Centre Project, Saraburi, Thailand. 17p.

Yamada, L. 1995. Aloeswood forest and the maritime world. **Southeast Asian Studies** 33(3). 181-186.