วิทยานิพนธ์

การพัฒนาของดอกและผลของไม้กฤษณา

Development of Flower and Fruit of Kritsana

(*Aquilaria crassna* Pierre ex Lec.)

นางสาวสุชาดา แสงทับทิม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วนศาสตร์)

ปริญญา

ชีววิทยาป่าไม้	ชีววิทยาป่าไม้
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การพัฒนาของดอกและผลของไม้กฤษณา

Development of Flower and Fruit of Kritsana (*Aquilaria crassna* Pierre ex Lec.)

นามผู้วิจัย นางสาวสุชาดา แสงทับทิม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์สมคิด สิริพัฒนดิลก, Ph.D.)

กรรมการ .....

(อาจารย์ประเสริฐ สอนสถาพรกุล, Ph.D.)

กรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์ประศาสตร์ เกื้อมณี, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์นริศ ภูมิภาคพันธ์, วท.ด.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาของดอกและผลของไม้กฤษณา

Development of Flower and Fruit of Kritsana (*Aquilaria crassna* Pierre ex Lec.)

โดย

นางสาวสุชาดา แสงทับทิม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วนศาสตร์)
พ.ศ. 2551

สุชาดา แสงทับทิม 2551: การพัฒนาของดอกและผลของไม้กฤษณา ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วนศาสตร์) สาขาชีววิทยาป่าไม้ ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์สมคิด สิริพัฒนดิลก, Ph.D. 66 หน้า

การศึกษาการพัฒนาของดอกและผลของไม้กฤษณา ได้ทำการศึกษาจากต้นกฤษณาจำนวน 3 ต้น ในบริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ โดยศึกษาการพัฒนาของดอกและผล ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาทั่วไปของดอกและผล การเปลี่ยนแปลงของเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียในช่วงเวลาที่พร้อมผสมเกสร ประเมินระบบผสมข้าม (the outcrossing level) ประเมินประสิทธิภาพการติดผลตามธรรมชาติ (fruit set efficiency) และประเมินค่าความสำเร็จของการสืบพันธุ์ (reproductive success) ซึ่งได้ดำเนินการศึกษาตั้งแต่เดือนมกราคม 2549 ถึงธันวาคม 2550

กฤษณามีการพัฒนาของดอกจากระยะตาดอกถึงระยะดอกบานใช้เวลา 20-30 วัน ดอกมีโครงสร้างดอกแบบสมบูรณ์ส่วน (complete flower) ช่อดอกแบบซี่ร่ม (umbel) ดอกบานจากดอกที่อยู่ด้านนอกของช่อดอกไปสู่ดอกที่อยู่ข้างใน (raceme type) ดอกบานเต็มที่เวลา 18 น. มีเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียในดอกเดียวกันแต่เจริญเต็มที่ไม่พร้อมกันเป็นแบบ protandry ยอดเกสรเพศเมียเป็นแบบเปียก (wet) และมีรูปร่างแบบ capitate โดยมีเซลล์ผิวยื่นขยายเป็นต่อม (glandular trichrome) รูปร่างคล้ายกระบอง (papillae) อับเรณูมี 2 พู แตกตามแนวยาวของอับเรณู เรณูเป็นเรณูเดี่ยว รูปร่างค่อนข้างกลม ขนาด 20-25 ไมโครเมตร ชั้นนอกสุดของเรณูมีหนามเรียงตัวกันอยู่แบบร่างแห (reticulate) ช่วงเวลาพร้อมรับผสมเกสรของเกสรเพศเมีย (receptive) และเวลาที่เหมาะสมในการควบคุมการผสมเกสรมากที่สุด คือ 18-21 น. การพัฒนาของผลเริ่มจากระยะดอกบานใช้เวลา 11 สัปดาห์ ผลเป็นแบบผลสดแตกกลางพู (fresh loculicidal capsule) อัตราส่วนระหว่างจำนวนเรณูต่อจำนวนออวุล (P/O ratio) มีค่า 9,685.5 ± 92.80 มีระบบการผสมข้ามเป็นแบบ obligate xenogamy ประสิทธิภาพการติดผลตามธรรมชาติ มีค่า 3.55-6.35 เปอร์เซ็นต์ ค่าความสำเร็จของการสืบพันธุ์ (RS) เท่ากับ 0.048

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่อประธานกรรมการ

Suchada Sangtubtim 2008: Development of Flower and Fruit of Kritsana (*Aquilaria crassna* Pierre ex Lec.). Master of Science (Forestry), Major Field: Forest Biology, Department of Forest Biology. Thesis Advisor: Associate Professor Somkid Siripatanadilok, Ph.D. 66 pages.

The study of development of flower and fruit of Kritsana was investigated from three trees standing in Khao Yai national park. The study included development of flower and fruit, morphology of flower and fruit, anther dehiscence and female receptivity time, and the estimation of outcrossing level, fruit set efficiency and reproductive success. The field study was carried out from January 2006 to December 2007.

Floral development of Kritsana from young bud to anthesis took 20 – 30 days. The flower was a complete flower type, inflorescence was an umbel type. Anthesis started from outside to inside of the inflorescence. The anthesis began at 6 pm. The flower was protandry in which the anther matured before the stigma. The stigma was wet type and capitate shape, composed of glandular trichrome and papillae at the surface. Dehiscence of stamen was longitudinal. Pollen was monad, circular shape and its size was 20 – 25 μm. The outer most surface of pollen covered with reticulate layer. The development of fruits from flower anthesis to fruits mature took approximately 11 weeks. The receptive period of stigma suitable for controlled pollination was from 6 pm. to 9 pm. The fruit was fresh loculicidal capsule. The ratio of pollen grains to ovules for one flower (P/O ratio) was 9,685.5 ± 92.80 which was classified as obligate xenogamy. The fruit set efficiency was 3.55 – 6.35 %. The reproductive success was 0.048.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาจากรองศาสตราจารย์สมคิด สิริพัฒนดิลก ประธานกรรมการที่ปรึกษา ดร.ประเสริฐ สอนสถาพรกุล กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก รองศาสตราจารย์ประศาสตร์ เกื้อมณี กรรมการที่ปรึกษาวิชารอง และรองศาสตราจารย์เอื้อมพร วีสมหมาย ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ร่วมให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้จนเสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ดร.สุวรรณ ตั้งมิตรเจริญ คุณพวงพรรณ ยงรัตนา และอาจารย์วัฒนชัย ตาเสน ที่ได้ให้คำแนะนำและประสบการณ์ในการทำงานวิจัยรวมทั้งช่วยสนับสนุนอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

ขอขอบคุณ คุณประวัติศาสตร์ จันทร์เทพ คุณวิเชียร ชิณวงษ์ และเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ทุกท่าน ที่กรุณาช่วยอำนวยความสะดวกและให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านตลอดการเก็บข้อมูลจนสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี และขอขอบคุณ บริษัท สยามทรีดีเวลลอปเม้นต์ จำกัด ที่ได้กรุณาให้ทุนช่วยสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ นอกจากนี้ขอขอบคุณผองเพื่อน พี่ น้อง ทุกท่าน ที่ได้ร่วมให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่ง

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อพนิต แสงทับทิม ที่ได้ให้โอกาสช่วยสนับสนุนในทุกๆ เรื่องที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา และคอยเป็นกำลังใจอย่างดียิ่งตลอดมา

สุชาดา แสงทับทิม

มีนาคม 2551

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	14
อุปกรณ์	14
วิธีการ	15
สถานที่และระยะเวลาศึกษา	20
ผลและวิจารณ์	23
สรุปและข้อเสนอแนะ	50
สรุป	50
ข้อเสนอแนะ	51
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	52
ภาคผนวก	57

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1	ขนาดเส้นรอบวง และความสูงของต้นกฤษณาที่ได้คัดเลือกไว้เพื่อทำการศึกษา	15
2	ค่าเฉลี่ยจำนวนเรณูต่ออับเรณู	43
3	ค่าเฉลี่ยจำนวนเรณูต่อดอกของดอกกฤษณา (*A. crassna*)	44
4	อัตราส่วนระหว่างเรณู (P) ต่อจำนวนออวุล (O) (P/O ratio) ของต้นกฤษณา	45
5	ค่าความสำเร็จของการสืบพันธุ์ (reproductive success, RS)	47

ตารางผนวกที่

1	จำนวนละอองเรณูต่ออับเรณู	58
2	ประสิทธิภาพการติดผลตามธรรมชาติ (fruit set efficiency)	59

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ตัวอย่างต้นกฤษณาและนั่งร้านเหล็กที่ใช้ในการศึกษา	16
2	ระยะต่างๆ ของการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงของดอกกฤษณา	25
3	ลักษณะการบานของดอกกฤษณา	27
4	แสดงส่วนประกอบและการเรียงตัวของส่วนต่างๆ ของดอกกฤษณา	27
5	ลักษณะของดอกกฤษณาที่บานเต็มที่	28
6	ลักษณะของกลีบดอกกฤษณาที่มีขนปกคลุมอยู่หนาแน่น	29
7	ลักษณะของเกสรเพศเมียดอกกฤษณา	30
8	อับเรณูของดอกกฤษณา แสดง 2 พู ติดกัน และแนวแตกตามยาวของแต่ละพู	30
9	การแตกของอับเรณูดอกกฤษณาระยะต่างๆ ที่สังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสามมิติ	31
10	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเรณูดอกกฤษณา (*A. crassna*) ที่ถ่ายจากกล้องอิเลคตรอนแบบส่องกราด	32
11	ภาพตัดตามยาวแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายวิภาคของยอดเกสรเพศเมียดอกกฤษณา	34
12	ลักษณะยอดเกสรเพศเมียของดอก 4 ชั่วโมงก่อนบาน ยังไม่พบเรณูบนพื้นผิว ขนาดของถุงรูปกระบองค่อนข้างสม่ำเสมอกัน	35
13	ลักษณะยอดเกสรเพศเมียของดอกบานเต็มที่ (18 น.) เริ่มพบเรณูบนพื้นผิว ถุงรูปกระบอง (papillae) มีการพองตัวอย่างเห็นได้ชัด	36
14	ลักษณะยอดเกสรเพศเมียของดอกบานแล้ว 3 ชั่วโมง พบสารเหลวเคลือบปกคลุมพื้นผิวอย่างหนาแน่นและพบว่าเรณูกำลังงอกหลอดเรณู	36
15	ลักษณะยอดเกสรเพศเมียของดอกบานแล้ว 24 ชั่วโมง พบเรณูบนพื้นผิวจำนวนมาก หลอดเรณูงอกยาวมากขึ้น ถุงรูปกระบองเริ่มยุบตัว	37
16	ลักษณะยอดเกสรเพศเมียของดอกบานแล้ว 48 ชั่วโมง สารเหลวที่เคลือบพื้นผิวค่อนข้างแห้ง ถุงรูปกระบองมีการยุบตัวลงไปมาก	37
17	ผลกฤษณาในระยะต่างๆ ของการพัฒนาของผล	39

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
18	ขนาดของผลกฤษณาในระยะการพัฒนาต่างๆ	39
19	ส่วนประกอบของผลกฤษณา	40
20	ภาพแสดงลักษณะของเมล็ดที่ห้อยติดคาอยู่กับผลด้วยส่วนของรยางค์ (funiculus)	41
21	การพัฒนาของเมล็ดกฤษณาในระยะต่างๆ ของการพัฒนาของผล	42
22	ความผันแปรของจำนวนดอกต่อช่อดอกต้นกฤษณา	46
23	ลักษณะของดอกกฤษณาที่ถูกตั๊กแตนทำลาย	48
24	ลักษณะของดอกกฤษณาที่หนอนผีเสื้อทำลาย	48
25	ผลแก่ของกฤษณาที่ถูกสัตว์พวกกระรอกทำลาย	49

การพัฒนาของดอกและผลของไม้กฤษณา

Development of Flower and Fruit of Kritsana (*Aquilaria crassna* Pierre ex Lec.)

คำนำ

ไม้กฤษณา (*Aquilaria* spp.) เป็นไม้ที่มีกลิ่นหอมนิยมนำมาใช้ในพิธีกรรมทางศาสนาอิสลาม ใช้เป็นยารักษาโรคหรือใช้เป็นเครื่องหอมประทินผิวกาย ซึ่งปัจจุบันนิยมนำไม้กฤษณามาสกัดเป็นน้ำมันหอมระเหยเพื่อเป็นสินค้าส่งออก จึงนับได้ว่าเป็นชนิดไม้ที่มีความสำคัญในเชิงเศรษฐกิจ ไม้กฤษณาเคยพบมากในป่าของประเทศไทย แต่ในปัจจุบันหาพบได้ยากในสภาพป่าธรรมชาติ ซึ่งมีสาเหตุมาจากพื้นที่ป่าลดลงและเนื่องจากส่วนของกฤษณามีราคาสูงทำให้เป็นที่ต้องการอย่างมากจึงเป็นสาเหตุให้มีการลักลอบเก็บหาโดยการตัดฟันต้นกฤษณามากขึ้น ทำให้จำนวนต้นกฤษณาลดลงไปอย่างรวดเร็วและมีแนวโน้มที่จะเป็นชนิดไม้ที่ใกล้สูญพันธุ์ โดยสถานภาพของไม้สกุล *Aquilaria* ในปัจจุบันนี้ IUCN ได้จัดให้เป็นชนิดพันธุ์ที่อยู่ในสภาวะวิกฤต (critically endangered) ส่วน CITES ได้บรรจุไว้ในบัญชีแนบท้ายอนุสัญญาไซเตสบัญชีที่ 2 นอกจากนี้ตาม พ.ร.บ. ป่าไม้ พ.ศ. 2484 ก็ได้จัดให้กฤษณาเป็นของป่าหวงห้าม (วนิดา, 2539; กองคุ้มครองพันธุ์พืช, 2550)

เนื่องจากไม้กฤษณาจะไม่ออกดอกทุกปี ส่วนของผลและเมล็ดเป็นอาหารที่สัตว์จำพวกกระรอกชอบ และเมล็ดที่ร่วงหล่นมักจะถูกเชื้อราทำลาย ดังนั้นโอกาสในการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติจึงมีน้อย (สรายุทธ, 2538) กฤษณาจึงเป็นพันธุ์ไม้อีกชนิดหนึ่งซึ่งมีคุณค่าเหมาะที่จะช่วยกันรักษาไว้และกระจายพันธุ์ออกไปเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ซึ่งรัฐบาลโดยกรมป่าไม้ได้เห็นว่าไม้กฤษณาเป็นไม้เศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งที่ควรอนุรักษ์พร้อมขยายพันธุ์ และส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกเป็นไม้เศรษฐกิจในพื้นที่ดินกรรมสิทธิ์ของตนเอง (ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน, 2542)

แม้ว่าในปัจจุบันแนวโน้มของการปลูกสร้างสวนป่าไม้กฤษณาในประเทศไทยจะมีเพิ่มมากขึ้น เพราะแรงจูงใจทางเศรษฐกิจของกฤษณาและผลิตภัณฑ์จากกฤษณาที่มีมูลค่าสูง แต่การที่จะทำให้สวนป่านี้ประสบผลสำเร็จสามารถให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจได้นั้น ต้องคำนึงถึงข้อพิจารณาที่สำคัญ คือ การคัดเลือกพันธุ์ไม้กฤษณาที่จะปลูกให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และนำพันธุ์ที่ดีที่ผ่านการคัดเลือกแล้วมาปลูก แต่เนื่องจากข้อมูลทางวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการ

คัดเลือกพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์ไม้กฤษณายังมีค่อนข้างจำกัด หากได้มีการส่งเสริมการพัฒนางานวิจัยด้านการปรับปรุงพันธุ์ และการทำให้ต้นกฤษณาสร้างกฤษณาในปริมาณที่มากพอ ก็จะเหมาะแก่การลงทุนและสนับสนุนให้มีการปลูกสร้างเป็นสวนป่าได้ การศึกษาด้านการพัฒนาของดอกและผลของไม้กฤษณาในครั้งนี้ จึงเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญที่จะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปพัฒนาสายพันธุ์ที่ดีต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการพัฒนาของดอกและผลของต้นกฤษณา

2. เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาทั่วไปของดอกและผลของต้นกฤษณา

3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียของต้นกฤษณาในช่วงเวลาที่พร้อมผสมเกสร

4. เพื่อประเมินระบบผสมข้าม ประเมินประสิทธิภาพการติดผลตามธรรมชาติ และประเมินค่าความสำเร็จของการสืบพันธุ์ของต้นกฤษณา

การตรวจเอกสาร

ไม้กฤษณาหรือไม้หอมเป็นไม้ในสกุล *Aquilaria* อยู่ในวงศ์ Thymelaeaceae พบกระจายอยู่ในเอเชียเขตร้อน ซึ่งสามารถพบได้ตั้งแต่ทางใต้ของจีน ปากีสถาน อินเดีย เนปาล ภูฐาน บังกลาเทศ ศรีลังกา พม่า และครอบคลุมประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ถึงฟิลิปปินส์ ไม้ในสกุล *Aquilaria* นี้มีด้วยกันทั้งหมด 25 ชนิด (กองคุ้มครองพันธุ์พืช, 2550) ส่วนการกระจายพันธุ์ของไม้กฤษณาในประเทศไทย บุญชุบ (2550) และ Santisuk (2007) ได้รายงานไว้ว่าพบทั้งหมด 5 ชนิด คือ

Aquilaria crassna PIERRE ex LEC. มีชื่อพื้นเมือง คือ กฤษณา (Kritsana) เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ สูง 10 – 30 เมตร ลำต้นตรง เปลือกเรียบสีเทาหรือสีขาว ใบเดี่ยวรูปรี ปลายใบเรียวแหลม โคนใบมน ใบมีขนาด 7 – 11 x 2.5 – 5 เซนติเมตร หลังใบเกลี้ยงเป็นมัน ท้องใบบริเวณขอบใบและเส้นกลางใบมีขนอ่อน ช่อดอกแบบซี่ร่มมี 4 – 6 ดอก ดอกสีค่อนข้างเขียว หลอดกลีบเลี้ยงมีขนอ่อน (puberulous) ขึ้นปกคลุม กลีบดอกปกคลุมด้วยขนแบบ pilose อยู่หนาแน่น ผลค่อนข้างกลม ปลายผลเป็นติ่งเล็กน้อย มีขนนุ่มตามผิวผลหนาแน่น ฐานผลมีกลีบเลี้ยงที่ขยายขนาดหุ้มติดอยู่ พบกระจายอยู่เกือบทั่วประเทศ ยกเว้นภาคใต้ มีแหล่งอาศัยอยู่ตามป่าดิบแล้ง บางครั้งพบบนเนินเขาเตี้ยๆ ที่มีลักษณะพื้นที่เป็นหินแกรนิต

Aquilaria hirta Ridl. เป็นไม้ยืนต้นสูงประมาณ 14 เมตร ใบเดี่ยวรูปขอบขนาน ปลายใบแหลม โคนใบมนหรือกลม ใบมีขนาด 6.5 – 14 x 2.5 – 5.5 เซนติเมตร ท้องใบมีขนอ่อนปกคลุม ดอกออกตามซอกใบมี 5 – 14 ดอก ดอกสีขาวหรือเหลือง หลอดกลีบเลี้ยงรูปทรงกระบอก มีขนอ่อน (pubescent) ขึ้นปกคลุม ผลเรียวแหลมคล้ายหอกและมีติ่งยื่นออกมา พบกระจายในภาคใต้ตอนล่าง พื้นที่อำเภอแว้ง สุไหงโกลก สุไหิริน จังหวัดนราธิวาส มีแหล่งอาศัยอยู่ตามป่าดิบชื้นระดับต่ำที่มีพื้นที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 200 – 500 เมตร

Aquilaria malaccensis Lamk. มีชื่อพื้นเมือง คือ ไม้หอม (Mai hom) กายูการู (kayu karu) เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ สูงประมาณ 40 เมตร ลำต้นเปลา เปลือกเรียบสีเทาหรือสีขาว ใบเดี่ยวรูปรีหรือรูปไข่กลับ ปลายใบเรียวแหลม โคนใบมน ใบมีขนาด 5 – 15 x 2 – 5.2 เซนติเมตร ขอบใบเป็นคลื่นม้วนเล็กน้อย แผ่นใบบางเรียบ หลังใบเป็นมัน ช่อดอกแบบซี่ร่มมี 8 – 10 ดอก ออกดอกด้านข้างกิ่ง ดอกเล็กสีเขียวอมเหลือง กลีบเลี้ยงรวมติดกันเป็นหลอดสั้นๆ มีขนอ่อน (puberulous) ขึ้นปกคลุม

ผลรูปไข่ปลายมน พบกระจายในภาคใต้ตอนกลาง ได้แก่ ตรัง ภูเก็ต (เขาพระแทว) พัทลุง และนราธิวาส มีแหล่งอาศัยอยู่ตามป่าดิบชื้น

Aquilaria subintegra Ding Hou. เป็นไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้นขนาดเล็ก สูงประมาณ 2 เมตร ใบเดี่ยวรูปรี ปลายใบเรียวแหลม โคนใบเป็นรูปลิ่มหรือมน ใบมีขนาด (14-)19 – 27.5 x (5-)7 – 10.5 เซนติเมตร ท้องใบมีขนอ่อน (pubascent, glabrescent) ปกคลุมเล็กน้อย ดอกออกเป็นช่อตรงง่ามกิ่ง มี 8 – 20 ดอก ดอกสีขาว ผลแบบแห้ง รูปยาวเรียว พบกระจายในภาคใต้ เช่น ปัตตานี และนราธิวาส (อำเภอแว้ง และสุไหงโกลก) มีแหล่งอาศัยอยู่ตามป่าดิบชื้นที่มีพื้นที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 300 – 550 เมตร

Aquilaria rugosa L.C. Kiet & Kessler มีชื่อพื้นเมือง คือ กฤษณาดอย เป็นชนิดที่เพิ่งค้นพบ ซึ่งได้อธิบายโดย Eiadthong (2007) และ Santisuk (2007) ว่า เป็นชนิดที่พบได้ทั่วไปในป่าดิบเขา บริเวณพื้นที่ที่มีความสูงชันที่ระดับความสูงกว่าระดับน้ำทะเล 870 – 1,050 เมตร ในจังหวัดเชียงใหม่ และลำปาง โดยมีลักษณะต่างจากกฤษณาชนิดอื่น คือ รูปร่างของผลที่ค่อนข้างกลมและผิวผลที่เป็นหยักคลื่นชัดเจน

ไม้กฤษณาทั้ง 5 ชนิดนี้มีเพียง 3 ชนิด ที่สามารถให้สารที่มีกลิ่นหอม ได้แก่ *A. crassna*, *A. malaccensis* และ *A. rugosa* (บุญชุบ, 2550) แต่การศึกษาถึงปริมาณและประสิทธิภาพในการสร้างสารกฤษณาที่สะสมในเนื้อไม้เพื่อเปรียบเทียบกันระหว่างชนิดว่าแตกต่างกันอย่างไรนั้นยังไม่ได้มีการศึกษา

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

Aquilaria crassna Pierre ex Lec. เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ไม่ผลัดใบ มีความสูงตั้งแต่ 10-30 เมตรขึ้นไป เปลือกนอกสีเทาอมขาว เรียบหรือแตกเป็นร่องยาวตื้นๆ (smooth หรือ rugose) เปลือกหนาประมาณ 5-10 มิลลิเมตร เปลือกชั้นในมีสีขาวอมเหลือง **ใบ** เป็นชนิดใบเดี่ยว ปลายใบเรียวแหลม (acuminate) ยาว 6-10 มิลลิเมตร ฐานใบแหลม (cuneate หรือ acute) ใบมีขนาด 2.5-5 x 7-11.5 เซนติเมตร ผิวใบแก่เกลี้ยงเป็นมัน ใบอ่อนมีขนสั้นมันวาวคล้ายไหม ตามขอบใบ เส้นกลางใบ ก้านใบ ตาอ่อน และกิ่งอ่อนปกคลุมไปด้วยขนลักษณะเดียวกัน ขอบใบเรียบแต่มักเป็น

คลื่น มีเส้นแขนงใบ (secondary nerves) 12-18 คู่ ก้านใบยาว 3-7 มิลลิเมตร **ดอก** เป็นแบบสมบูรณ์เพศ เกิดตามง่ามใบหรือปลายยอด ช่อดอกเกิดเป็นกระจุก (fascicles) มี 4-6 ดอก ก้านช่อดอกยาว 3-5 มิลลิเมตร มีขนคล้ายไหม (pubescent) ปกคลุม ดอกสีเขียวอ่อน ก้านดอกย่อย (pedicel) ยาว 5-10 มิลลิเมตร มีขนปกคลุมคล้ายไหมเช่นกัน ชั้นกลีบเลี้ยงรูประฆังปลายแยกออกเป็น 5 แฉก ยาว 3-4 มิลลิเมตร กลีบดอกลดรูปลงมีลักษณะเป็นเกล็ดที่มีขน 10 อัน โดยมี 2 เกล็ดติดอยู่บนกลีบเลี้ยงแต่ละอัน เกล็ดยาว 1-1.5 มิลลิเมตร เกสรเพศผู้ (stamen) 10 อัน ก้านเกสรเพศผู้ (filament) ยาว 1-1.5 มิลลิเมตร อับเรณู (anther) ยาว 1 มิลลิเมตร รังไข่ (ovary) ยาว 2.2-4 เซนติเมตร ปกคลุมด้วยขนคล้ายไหม มี 2 ช่อง (locule) ไม่มีก้านเกสรเพศเมีย (style) ยอดเกสรเพศเมีย (stigma) เป็นแบบ capitate ยาว 1 มิลลิเมตร **ผล** รูปไข่กว้าง มีขนาด 2.5-3.5 x 2-2.5 เซนติเมตร มีสันแคบตามยาวของผลและชั้นกลีบเลี้ยงที่ขยายติดอยู่ที่ฐาน ผิวบางเหนียว มีรอยย่นๆ และแตกได้เป็น 2 พู เมล็ดเป็นมันมี 1 หรือ 2 เมล็ด แบบ avoid ยาว 5-6 เซนติเมตร มีหาง (basal appendage) เมล็ดมีสีแดงหรือส้ม ปกคลุมไปด้วยขนสั้นและนุ่ม (pubescent) สีแดงหรือสีน้ำตาล คัพภะ (embryo) เป็นแบบ inverse ไม่มี perisperm (สมคิด, 2525; Santisuk and Larsen, 1997; Gardner *et al*., 2000)

ลักษณะทางนิเวศวิทยา

ไม้กฤษณาชนิด *A. crassna* มีถิ่นการกระจายพันธุ์อยู่ในแถบประเทศไทย กัมพูชา ลาว และเวียดนาม (Santisuk and Larsen, 1997) ต้นกฤษณาชอบขึ้นในที่ชุ่มชื้น จึงมักพบตามป่าดงดิบทั้งชื้นและแล้ง หรือที่ราบใกล้กับแม่น้ำลำธาร สามารถขึ้นได้สูงถึง 1,100 เมตร หรือมากกว่าจากระดับน้ำทะเลปานกลาง เช่น พบที่ยอดเขาเขียวบริเวณอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ โดยทั่วไปมักพบต้นกฤษณาปนกับพรรณไม้อื่น เช่น ยาง ยมหอม ยมหิน หว้า ก่อเดือยและก่อชนิดอื่นๆ สีเสียดเทศ กระโดงแดง และอื่นๆ (สมคิด, 2525) แต่ไม้กฤษณาชนิด *A. crassna* เป็นชนิดที่ทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดีกว่ากฤษณาชนิดอื่นในประเทศไทย จึงเป็นชนิดที่มีศักยภาพในการนำไปปลูกสร้างสวนป่าได้กว้างขวาง ไม้กฤษณาออกดอกช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน ผลแก่ช่วงเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม แต่บางพื้นที่อาจคลาดเคลื่อนไปบ้างตามสภาพภูมิประเทศและความแห้งหรือชื้นของดินที่ต้นกฤษณาขึ้นอยู่ รวมทั้งความสมบูรณ์ของต้นไม้ด้วย

การเกิดสารกฤษณาในเนื้อไม้

สารกฤษณา คือ สารประกอบอินทรีย์ที่เกิดและสะสมอยู่ในเซลล์เนื้อไม้ของต้นกฤษณา ซึ่งเป็นสารที่ประกอบด้วยสารประเภทเรซิน (resin) อยู่มาก สารที่ทำให้เกิดกลิ่นหอมของกฤษณา คือ sesquiterpene alcohol (Baruah *et al*., 1982) สารกฤษณาเมื่อถูกนำมาแยกออกจากเนื้อไม้โดยผ่านกระบวนการกลั่นนิยมเรียกว่า น้ำมันกฤษณา ส่วนเนื้อไม้ที่มีสารกฤษณาอาจพบได้ในราก ลำต้น หรือกิ่งก้านของต้นกฤษณา (Gianno and Kochummen, 1981) ส่วนใหญ่พบตามง่ามกิ่งหรือรอยต่อของกิ่งกับลำต้น

สาเหตุของการเกิดสารกฤษณานั้นเชื่อว่าเกิดจากปฏิกิริยาโต้ตอบขึ้นภายในต้นไม้เอง เนื่องจากต้นกฤษณาเป็นไม้ที่มีลักษณะพิเศษ คือ มีท่ออาหาร (phloem) กระจายอยู่ในเนื้อไม้อีกส่วนหนึ่ง นอกเหนือจากที่มีอยู่บริเวณรอยต่อของเปลือกไม้กับเนื้อไม้ดังเช่นพืชใบเลี้ยงคู่อื่นๆ เมื่อทำให้เกิดแผลหรือความชอกช้ำที่เนื้อไม้ก็จะมีการหลั่งสารจำพวกชันหรือเรซินเข้ามาสะสมที่เนื้อไม้รอบๆ แผลนั้น (Siripatanadilok *et al*., 1991) เมื่อเวลาผ่านไปนานเข้าจะมีสารดังกล่าวสะสมมากขึ้นจนเปลี่ยนสีของเนื้อไม้จากสีขาวมาเป็นสีเหลือง สีน้ำตาลและมีสีดำในที่สุด การเกิดสารกฤษณาที่เป็นมาโดยธรรมชาติ เกิดได้จากการที่ต้นไม้เกิดบาดแผลโดยวิธีการใดๆ ก็ตามซึ่งถูกต้นไม้หรือถูกสัตว์กระทำ เช่น ขวิด กัด หรือเบียดถูให้เป็นแผลชอกช้ำ หรือถูกแมลงเจาะชอนไช เมื่อเกิดแผลขึ้นแล้วก็จะเกิดการหลั่งสารดังกล่าว ได้มีการค้นคว้าและประมาณว่าต้นกฤษณาที่อยู่ในป่าธรรมชาตินั้นมีเพียง 10 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ที่สามารถเกิดสารกฤษณาได้ นอกจากนี้คุณภาพของเนื้อไม้กฤษณาที่ดีมีเกรดสูงจะได้มาจากต้นกฤษณาที่มีอายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป ประมาณกันว่า 1 ใน 10 ของต้นไม้กฤษณาที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 20 เซนติเมตรขึ้นไป อาจจะผลิตเนื้อไม้กฤษณาได้ประมาณ 10 กิโลกรัมเท่านั้น (กองคุ้มครองพันธุ์พืช, 2550)

การใช้ประโยชน์จากไม้กฤษณา

การใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่มักใช้จากต้นที่เกิดกฤษณาแล้ว โดยชิ้นไม้ที่มีสารกฤษณาอยู่มาก (เกรดสูง) จะไม่นำมากลั่นเป็นน้ำมันหอมระเหยแต่จะนำไปเผาให้เกิดกลิ่นหอมใช้ในระหว่างงานประเพณีหรือในระหว่างสวดมนต์ของชาวมุสลิม (Burkill, 1966) และชาวมุสลิมยังเชื่อว่าการเผาไม้กฤษณานั้นสามารถฆ่าเชื้อโรคในอากาศได้ด้วย ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากกฤษณานำไปใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องหอม (Rao *et al*., 1961) โดยสามารถใช้เป็นสาร fixative สารหอมตัวอื่น (Rao

and Bhatia, 1959) ซึ่งชาวยุโรปจะนำน้ำมันหอมระเหยจากกฤษณานี้มาผสมในน้ำหอมให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น ส่วนของผงไม้กฤษณาใช้ทาเนื้อตัวหรือเสื้อผ้าสามารถช่วยไล่แมลงพวกหมัด เหา ไรได้ (Perry, 1980; Baruah *et al.*, 1982; Secoy and Smith, 1983) ส่วนของเส้นใยในเปลือกของต้นกฤษณาสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมทำกระดาษ เชือก และทำเสื้อผ้าได้ เพราะมีความยืดหยุ่นและให้ความทนทานสูง (Manjunath, 1948; Brown, 1957) เนื้อไม้นำไปทำลูกประคำ หีบใส่เครื่องเพชร และกฤษณาที่มีคุณภาพไม่ดีใช้ผสมขี้เลื่อยทำธูปหอมที่มีราคาแพงได้ (วนิดา, 2539)

ส่วนสรรพคุณทางยาสามารถนำส่วนเนื้อไม้ที่มีกฤษณาไปใช้เป็นยาบำรุงโลหิตและหัวใจ แก้โรคปวดบวมตามข้อ แก้ลมเวียนศีรษะ แก้คลื่นไส้อาเจียน รักษาอาการปวดแน่นหน้าอก แก้อาการหอบหืด เป็นยาขับลมในกระเพาะ แก้เสียดท้อง ท้องร่วง ต้มน้ำดื่มแก้ร้อนในกระหายน้ำ นอกจากนั้นเภสัชกรชาวจีนและชาวเวียดนามยังใช้เป็นตัวยารักษาโรคมาลาเรียด้วย (วนิดา, 2539; Perry, 1980)

การขยายพันธุ์ของไม้กฤษณา

โดยธรรมชาติไม้กฤษณาขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด ซึ่งไม้กฤษณาสามารถออกดอกและติดผลได้เมื่ออายุ 7-9 ปี ขึ้นไป (Beniwal, 1989) จำนวนเมล็ดต่อต้นของไม้กฤษณาขึ้นอยู่กับชนิด ซึ่งจากการศึกษาของ Soehartono and Newton (2001) พบว่า *A. crassna* ที่มีขนาดความโตของลำต้นที่ระดับอก (Diameter at breast height : DBH) เท่ากับ 17.2 เซนติเมตร สามารถให้เมล็ดมากถึง 6,494 เมล็ดต่อต้น และต้นที่มีขนาดความโตของลำต้นที่ระดับอกเท่ากับ 5.5 เซนติเมตร สามารถให้เมล็ดได้ 307 เมล็ดต่อต้น แสดงให้เห็นว่าขนาดความโตของลำต้นมีผลต่อการให้เมล็ดของไม้กฤษณาเช่นกัน และจากการศึกษาของ Siripatanadilok *et al.* (1991) บริเวณอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่พบว่ากฤษณามีการออกดอกและผลจำนวนมาก แต่ผลแก่มักถูกกินโดยสัตว์จำพวกกระรอก ส่วนของเมล็ดมักถูกทำลายไปด้วย และเมล็ดมักมีความงอกต่ำ โดยทั่วไปเมล็ดแก่จะร่วงหล่นจากต้นในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม ซึ่งเป็นระยะที่มีปัญหาฝนทิ้งช่วงทำให้เมล็ดไม่มีโอกาสงอก จึงทำให้การกระจายพันธุ์ถูกจำกัด นอกจากนี้กลไกการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติยังเป็นไปอย่างไม่ต่อเนื่อง ซึ่งมีสาเหตุมาจากกิจกรรมของมนุษย์และต้นแม่พันธุ์ตามธรรมชาติถูกโค่นลงทำให้พบต้นกล้าได้ค่อนข้างน้อย

ปัจจุบันมีผู้สนใจปลูกสร้างสวนป่าไม้กฤษณาเป็นจำนวนมาก จึงมีความต้องการกล้าไม้กฤษณาจำนวนมากเช่นกัน โดยกล้าไม้ที่นำมาใช้ปลูกสามารถทำการขยายพันธุ์ได้ 2 วิธี คือ การ

ขยายพันธุ์โดยอาศัยเพศ และการขยายพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศ ซึ่งการขยายพันธุ์โดยอาศัยเพศจะได้มาจากการเพาะเมล็ด แต่เมล็ดของไม้กฤษณามีความมีชีวิตสั้น จึงต้องแกะออกจากส่วนผลและนำไปเก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิต่ำหรือควรเพาะทันที โดยเมล็ดที่ยังใหม่อยู่เมื่อนำมาเพาะมีอัตราการงอกร้อยละ 65 และอัตราการงอกจะลดลงเมื่อเพาะเมล็ดที่เก็บไว้นานเกิน 1 สัปดาห์ขึ้นไป (Beniwal, 1989) โดยวิธีการเพาะเมล็ดที่ได้ผลดีจะต้องจัดพื้นดินให้มีความร่วนโปร่ง ระบายถ่ายเทน้ำได้ดี เมื่อหว่านเมล็ดกฤษณาแล้วให้โรยกลบบางๆ ด้วยทราย หรือปักเมล็ดลงในทรายโดยเอาทางหัวขึ้น หลังจากนั้นควรรดน้ำให้ชุ่มชื้นอยู่ตลอดจะทำให้เมล็ดงอกภายใน 1-2 สัปดาห์ กล้าไม้ที่เกิดจากการเพาะเมล็ดมีการเติบโตช้าและอาจตายได้จากโรคเน่าคอดินที่เกิดจากเชื้อรา *Peronophythora* sp. โดยเฉพาะเมื่อเพาะในดินที่ไม่ได้ผ่านการอบฆ่าเชื้อและเมล็ดที่ใช้เพาะมีไม่เพียงพอ จึงทำให้กล้าไม้กฤษณามีราคาค่อนข้างแพง และอีกวิธีที่นิยมทำ คือ การขุดกล้าไม้จากบริเวณต้นแม่มาปลูกในเรือนเพาะชำ รอจนกล้าไม้มีอายุประมาณ 1 ปี จนกล้าไม้เจริญเติบโตและมีความแข็งแรงจึงย้ายออกปลูกในแปลงได้

ส่วนการขยายพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศของไม้กฤษณานั้นสามารถขยายพันธุ์ได้ด้วยวิธีการตัดชำ และเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยวิธีการตัดชำ Siripatanadilok *et al.* (1991) พบว่า การใช้ส่วนที่เป็นกิ่งชำจากต้นกล้าอายุ 6 เดือน สามารถชักนำให้เกิดรากได้ภายใน 6 สัปดาห์ โดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซิน ชนิด NAA ความเข้มข้น 100 ppm หรือ IBA ความเข้มข้น 50 ppm แต่สำหรับกิ่งชำขนาดใหญ่จากต้นที่มีอายุมาก ทำได้เพียงเกิดผลิใบใหม่เท่านั้นโดยไม่สามารถชักนำรากได้และทำให้กิ่งนั้นแห้งตายไปภายใน 2 เดือน นอกจากนั้น สรายุทธ (2538) ได้ทำการทดลองปักชำไม้กฤษณาโดยใช้กิ่งชำจากกล้าที่เพาะจากเมล็ดอายุ 1 ปี 6 เดือน การตัดกิ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนปลายยอด และส่วนกิ่งอ่อน (ท่อนที่ถัดจากปลายยอดลงมา) โดยกิ่งปักชำแต่ละท่อนมี 2 ข้อ และใช้ฮอร์โมนสังเคราะห์ IBA ที่ความเข้มข้น 0, 50 และ 100 ppm แช่กิ่งชำนาน 24 ชั่วโมง ภายหลังการปักชำ 6 สัปดาห์ พบว่า การปักชำในช่วงปลายฤดูฝนถึงฤดูหนาว ไม่จำเป็นต้องแช่ฮอร์โมนสังเคราะห์ IBA กิ่งปักชำก็สามารถออกรากได้ ในขณะที่การปักชำในช่วงกลางฤดูฝนถ้าไม่แช่ด้วยฮอร์โมนสังเคราะห์จะมีจำนวนกิ่งออกรากน้อยกว่าช่วงปักชำอื่นๆ แต่ถ้าแช่ด้วยฮอร์โมนสังเคราะห์ IBA จะทำให้มีจำนวนกิ่งออกรากมากขึ้น และจำนวนรากเฉลี่ยต่อกิ่งปักชำจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของฮอร์โมนสังเคราะห์ IBA มากขึ้น ซึ่งกิ่งปักชำที่แช่ด้วยฮอร์โมนที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน ส่วนกิ่งอ่อนมีจำนวนรากเฉลี่ยต่อกิ่งปักชำมากกว่าส่วนปลายยอด

และการขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของต้นกฤษณาชนิด *A. crassna* และ *A. malaccensis* โดยพิมล (2538) พบว่า การใช้สูตรอาหาร WPM หรือ สูตร Murashige และ Skoog ดัดแปลง ร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชกลุ่มไซโตไคนิน ชนิด BA หรือ ชนิด Kinetin ความเข้มข้น 0.25-4 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื้อเยื่อส่วนปลายยอดและตาข้างถูกชักนำให้เกิดยอดเป็นจำนวนมาก ส่วนปลายยอดสามารถชักนำให้เกิดรากได้ในอาหารสูตรเดียวกัน ที่ไม่ใช้หรือใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซิน ชนิด IBA หรือ NAA แต่ไม่สามารถชักนำรากของชนิด *A. malaccensis* ได้

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนี้ การขยายพันธุ์ไม้กฤษณาด้วยวิธีการใช้เมล็ดยังได้รับความนิยมมากกว่าวิธีอื่น เพราะสามารถทำได้ง่าย ประหยัดงบประมาณ เมื่อนำเมล็ดมาเพาะอย่างถูกวิธีจะมีอัตราการงอกและการรอดตายสูง ได้กล้าไม้ในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการสำหรับการปลูกป่า แต่ข้อเสียของการขยายพันธุ์โดยเมล็ดที่เกษตรกรดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน ก็คือ กล้าไม้ที่ได้ยังไม่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ได้ต้นพันธุ์ที่มีลักษณะดีเหมาะสมที่จะปลูกในแต่ละท้องที่

การพัฒนาของดอก

กระบวนการเกิดและการพัฒนาของดอก สมบุญ (2548) ได้แบ่งออกเป็นระยะต่างๆ ดังนี้

1. ระยะการเจริญเต็มวัย (maturation stage) ระยะที่พืชโตเต็มวัยจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของพืช พันธุ์พืช ฤดูกาล และสภาพแวดล้อม

2. ระยะชักนำ (induction stage) เป็นการเปลี่ยนแปลงขั้นแรกในการเกิดดอก โดยพืชมีการตอบสนองต่อการกระตุ้นหรือชักนำจากปัจจัยต่างๆ เช่น แสง อุณหภูมิ อายุ ความสมบูรณ์ของต้น

3. ระยะการเกิดตาดอก (initiation of floral primordium) เป็นระยะการเปลี่ยนแปลงของตาที่เจริญไปเป็นดอก (floral primordium) โดยเซลล์เนื้อเยื่อเจริญเริ่มขยายตัว ทำให้มีการพองตัวของตาดอก (floral bud)

4. ระยะการพัฒนาของดอก (floral development หรือ organogenesis) เป็นระยะที่มีการเกิดส่วนต่างๆ ของดอก โดยตาดอกมีการพัฒนาการเปลี่ยนแปลงรูปร่างสร้างกลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรเพศผู้ เกสรเพศเมีย และฐานรองดอก

ส่วนประกอบต่างๆ ของดอกจะมีการเจริญและพัฒนาขึ้นมาจนถึงระยะดอกบาน (anthesis) ถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการพัฒนาของดอกในพืช

พืชแต่ละชนิดมีช่วงเวลาในการออกดอกที่ต่างกัน แต่มีแนวทางของการพัฒนาที่คล้ายคลึงกัน เช่น การเจริญและพัฒนาของดอกจะเกิดขึ้นหลังจากที่มีการแตกใบอ่อนไปแล้วระยะหนึ่ง ซึ่งพบได้ในต้นสัก พะยูง และไม้ในตระกูลยาง หรือการเจริญและพัฒนาของดอกเกิดขึ้นพร้อมกับตาใบบนกิ่งเดียวกัน ซึ่งพบได้ในต้นกระถินเทพา และประดู่ป่า เป็นต้น (สมคิด, 2516; ประเสริฐ และสุวรรณ, 2535; สุดารัตน์ และคณะ, 2542; ภาณุมาศ, 2543; Owens *et al.*, 1991) โดยการเกิดดอกมีทั้งที่เกิดมาจากตาที่ปลายกิ่ง (terminal bud) และเกิดมาจากตาข้าง (axillary bud) ที่ง่ามใบหรือซอกใบบริเวณปลายกิ่ง ซึ่งไม้กฤษณามีช่อดอกเกิดมาจากตาที่ปลายกิ่งและตาข้างที่ง่ามใบ (Santisuk and Larsen, 1997) และระยะเวลาในการพัฒนาจากตาดอกไปเป็นดอกที่สมบูรณ์ในพืชแต่ละชนิดก็มีความผันแปรแตกต่างกันไป ซึ่งจากการศึกษาของ Soehartono and Newton (2001) พบว่า *A. crassna* มีการพัฒนาจากตาดอกถึงระยะที่ช่อดอกเจริญเต็มที่ใช้เวลาประมาณ 2-3 สัปดาห์

การพัฒนาของผล

เมื่อดอกได้รับการผสมเกสรและเซลล์ไข่ได้รับการปฏิสนธิแล้ว ส่วนของออวุลจะเจริญไปเป็นเมล็ดและรังไข่เจริญไปเป็นผล การพัฒนาของผลจะเกิดขึ้นพร้อมกับการเหี่ยวและหลุดร่วงไปของส่วนกลีบดอก กลีบเลี้ยง และบางครั้งรวมทั้งเกสรตัวผู้ด้วย ส่วนของก้านเกสรตัวเมียก็มักเหี่ยวแห้งไปหลังการถ่ายละอองเกสร ยกเว้นในพืชบางชนิดที่มีส่วนประกอบบางส่วนของดอกเจริญร่วมไปกับรังไข่และเป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่ของผลก็ได้ (Leopold and Kricdemann,1975; Coombe, 1976) เช่น ดอกกฤษณา ส่วนของชั้นกลีบเลี้ยงจะไม่ร่วงหล่นแต่มีการขยายขนาดและติดอยู่ที่ฐานของผล

การพัฒนาของผลเกิดจากกระบวนการเจริญเติบโต 2 กระบวนการ คือ การแบ่งเซลล์ (cell division) และการขยายขนาดของเซลล์ (cell enlargement) โดยทั่วไปการเจริญเติบโตในช่วงแรกๆ

จะเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ โดยเริ่มตั้งแต่ดอกเริ่มบานและต่อเนื่องไปอีกระยะหนึ่ง หลังจากการติดผลแล้วการเจริญเติบโตในช่วงนี้จะค่อยๆ มีการเปลี่ยนแปลงด้วยการขยายขนาดของเซลล์ ซึ่งจะเกิดต่อเนื่องกันไปเป็นระยะยาวนาน ในผลแต่ละชนิดจะมีระยะเวลาของการเจริญแตกต่างกันไป ซึ่งจากการศึกษาของ Soehartono and Newton (2001) พบว่า *A. crassna* มีระยะการพัฒนาเป็นผลใช้เวลาประมาณ 1 เดือน

ความสำเร็จในการสืบพันธุ์

ความสำเร็จในการสืบพันธุ์ (Reproductive Success : RS) หมายถึง ศักยภาพของดอกและออวุล (ovules) ของพืชที่พัฒนาไปเป็นผลและเมล็ดที่สมบูรณ์ ซึ่ง Wiens *et al.* (1987) ได้แบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 Pre-emergent reproductive success หมายถึง ระยะที่ออวุลมีการพัฒนาจนเป็นเมล็ดสมบูรณ์และเมล็ดสามารถมีชีวิตรอดในสภาพธรรมชาติได้

ระยะที่ 2 Post-emergent reproductive success หมายถึง เปอร์เซ็นต์ของต้นกล้าซึ่งมีชีวิตรอดเพื่อการสืบพันธุ์ในสภาพธรรมชาติ

โดยทั่วไปพืชที่มีการผสมแบบข้ามต้น (out-crossing) จะมีค่า RS ค่อนข้างต่ำ กล่าวคือ มีจำนวนของดอกและไข่อ่อนที่พัฒนาไปเป็นผลและเมล็ดที่สมบูรณ์ในปริมาณน้อย ซึ่งมีสาเหตุหลักเกิดขึ้นได้ในช่วงการสืบพันธุ์โดยอาศัยเพศ 2 ช่วงที่สำคัญ คือ ระยะก่อนการปฏิสนธิ (pre-zygotic period) และระยะหลังการปฏิสนธิ (post-zygotic period) (Owens, 1994) โดยในช่วงระยะแรกนั้นเกิดขึ้นจากการร่วงหล่นของดอกภายในช่อดอก (floral abortion) อันมีสาเหตุมาจากดอกไม่ได้รับการผสมเกสรหรือไม่มีการปฏิสนธิ (Rathcke, 1989) ในขณะที่ช่วงระยะหลังมีการร่วงหล่นของดอกที่ได้รับการปฏิสนธิแล้วหรือผลที่กำลังพัฒนา ซึ่งอาจมีสาเหตุหลักมาจากปริมาณธาตุอาหารสะสมภายในต้นพืชมีจำกัด (Stephenson, 1981; Tybirk,1993)

ส่วนพืชที่มีการผสมภายในต้นเดียวกัน (inbreeding) จะมีค่า RS สูง แต่ก็ยังมีการร่วงหล่นของดอกที่ได้รับการผสมเกสรและผลที่กำลังพัฒนาได้เช่นกัน ซึ่งมีสาเหตุมาจากการควบคุมทางพันธุกรรม (Stephenson, 1981) กล่าวคือ ดอกที่เกิดจากการผสมภายในต้นเดียวกันอาจร่วงหล่นไป

เนื่องจากไม่มีการงอกของละอองเรณูหรือไม่มีการปฏิสนธิเกิดขึ้น (Rathcke, 1989) หรือในกรณีที่พืชมีธาตุอาหารจำกัด ผลหรือเมล็ดที่เกิดจากดอกที่มีการผสมภายในต้นเดียวกันหรือภายในเครือญาติเดียวกันมีแนวโน้มที่จะมีลักษณะพันธุกรรมที่ด้อย และจะร่วงหล่นไปก่อนของผลที่เจริญพัฒนามาจากดอกที่ผสมข้ามต้นซึ่งเป็นการคัดเลือกพันธุ์ตามธรรมชาติ (natural selection) อีกแบบหนึ่ง ดังนั้นการหาค่าความสำเร็จในการสืบพันธุ์จึงสามารถใช้เป็นข้อมูลที่สำคัญในการวางแผนการผลิตกล้าได้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. นั่งร้านเหล็ก
2. แผ่นป้ายสำหรับทำเครื่องหมายช่อดอก
3. เชือกไหมพรม
4. กล้องถ่ายรูป
5. สารละลาย FAA 50% หรือ 2.5% glutaraldehyde
6. กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (light microscope)
7. กล้องจุลทรรศน์แบบสามมิติ (stereo microscope)
8. กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope)
9. แอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ
10. Rotary microtome
11. แผ่นสไลด์และกระจกปิดสไลด์
12. ปากคีบและเข็มเขี่ย
13. ขวดเก็บตัวอย่าง
14. อุปกรณ์เครื่องเขียน

วิธีการ

1. การคัดเลือกไม้กฤษณา

ทำการคัดเลือกไม้กฤษณา ชนิด *Aquilaria crassna* เพื่อใช้ศึกษา ในบริเวณพื้นที่ป่าธรรมชาติของอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่จำนวน 3 ต้น คือ ต้นที่ 1 ขึ้นอยู่บริเวณเส้นทางศึกษาธรรมชาติกองแก้ว ต้นที่ 2 ขึ้นอยู่บริเวณอ่างเก็บน้ำสายศร (มอสิงโต) และต้นที่ 3 ขึ้นอยู่บริเวณใกล้ศูนย์ฝึกอบรมการป่าไม้ เขาใหญ่ ในการคัดเลือกต้นโดยพิจารณาจากต้นที่มีการออกดอกมาแล้ว ซึ่งสังเกตจากผลแห้งและกล้าไม้ที่พบภายใต้ทรงพุ่ม และพิจารณาจากต้นที่มีกิ่งก้านที่ออกดอกมากและสม่ำเสมอทั่วต้น แล้วคัดเลือกกิ่งที่สะดวกต่อการตั้งนั่งร้านเหล็กขึ้นไปที่ระดับเรือนยอดเพื่อสะดวกในการศึกษา (ภาพที่ 1) จากนั้นทำการวัดขนาดเส้นรอบวงที่ระดับ 1.30 เมตรจากพื้นดิน และวัดความสูงทั้งต้นของต้นที่ได้คัดเลือกไว้ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ขนาดเส้นรอบวง และความสูงของต้นกฤษณาที่ได้คัดเลือกไว้เพื่อทำการศึกษา

ต้นที่	ขนาดเส้นรอบวง (เซนติเมตร)	ความสูง (เมตร)
1	130 , 145 (ลำต้นคู่)	13
2	46.5	7
3	90.0	12

ภาพที่ 1 ตัวอย่างต้นกฤษณาและนั่งร้านเหล็กที่ใช้ในการศึกษา

2. ศึกษาการพัฒนาของดอก

2.1 ทำการหมายกิ่งตั้งแต่ระยะการเกิดตาช่อดอก โดยผูกเชือกไหมพรมและติดเครื่องหมายในช่อดอกจำนวน 50 ช่อต่อต้น เพื่อใช้ในการศึกษาและบันทึกระยะการพัฒนาต่างๆ ของดอกกฤษณา ทุก 5-7 วัน ตลอดช่วงฤดูการออกดอก

2.2 ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการพัฒนาการของดอกกฤษณาภายในช่อดอกที่ติดเครื่องหมายไว้ โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของดอกภายในช่อดอก สังเกตลำดับการบานภายในช่อดอก พร้อมบันทึกตำแหน่งการจัดเรียงตัวและลักษณะของส่วนต่างๆ ของดอก

2.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมีย โดยทำการหมายช่อดอกที่มีดอกตูมเต็มที่ก่อนบาน 1-2 วัน จำนวน 20-30 ช่อต่อต้น เพื่อใช้เก็บตัวอย่างดอกย่อยระยะต่างๆ ทุก 4-6 ชั่วโมง โดยเริ่มตั้งแต่ระยะดอกตูมที่พัฒนาเต็มที่จนกระทั่งบานเต็มที่ นำมาแช่ในน้ำยาฆ่าและคงสภาพเซลล์ (สารละลาย FAA 50% หรือ glutaraldehyde) จากนั้นนำตัวอย่างดังกล่าวมาศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง กล้องจุลทรรศน์แบบสามมิติและกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด โดยนำมาทำการศึกษาและบันทึกการเปลี่ยนแปลงของเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมีย ซึ่งเกสรเพศผู้ทำการศึกษาช่วงระยะเวลาการแตกของอับเรณู (anther dehiscence) และศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเรณู ส่วนเกสรเพศเมียทำการศึกษาลักษณะและช่วงเวลาที่พร้อมผสมเกสร ซึ่งความพร้อมผสมเกสรของเกสรเพศเมีย (female receptivity) ตรวจสอบได้จากการเปลี่ยนแปลงของยอดเกสรเพศเมีย (stigma)

3. ศึกษาการพัฒนาของผล

3.1 ทำการคัดเลือกช่อผลกฤษณาจำนวน 50 ช่อต่อต้น เพื่อใช้ในการศึกษาการพัฒนาของผล โดยทำการศึกษาช่วงระยะการพัฒนาต่างๆ ทุก 5-7 วัน พร้อมบันทึกสีและขนาดของผลตั้งแต่ช่วงติดผลจนถึงผลสุกแก่เต็มที่

3.2 ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาทั่วไปของผล โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างผลในระยะต่างๆ ของการพัฒนา เพื่อใช้ศึกษาและบันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยาทั่วไปของผลและเมล็ด ได้แก่ ขนาด สี รูปทรง เป็นต้น

4. ประเมินระบบผสมข้าม

การประเมินระบบผสมข้าม (the outcrossing level) สามารถหาได้จากค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนเรณู (P) และออวุล (O) ต่อดอก (P/O ratio) ตามวิธีการจัดชั้นของ Cruden (1976) ซึ่งได้มีการอธิบายไว้ว่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนเรณูและออวุลต่อดอก (P/O ratio) สามารถใช้บ่งชี้ลักษณะทั่วไปของระบบการผสมข้ามได้ ดังนี้ กลุ่มพืชที่มีระบบผสมพันธุ์ที่เกิดขึ้นภายในดอกตูม (Cleistogamy) มีค่า P/O ratio อยู่ระหว่าง 2.7 – 5.4 กลุ่มพืชที่มีระบบผสมภายในตัวเองแบบ Obligate autogamy มีค่า P/O ratio อยู่ระหว่าง 18.1 – 39.0 กลุ่มพืชที่มีระบบผสมภายในตัวเองแบบ Facultative autogamy มีค่า P/O ratio อยู่ระหว่าง 31.9 – 396.0 กลุ่มพืชที่มีระบบผสมข้ามต้นแบบ Facultative xenogamy มีค่า P/O ratio อยู่ระหว่าง 244.7 – 2,588.0 และกลุ่มพืชที่มีระบบผสมข้ามต้นแบบ Obligate xenogamy มีค่า P/O ratio อยู่ระหว่าง 2,108.0 – 195,525.0

วิธีการศึกษาโดยทำการนับจำนวนเรณูต่อดอกและนับจำนวนออวุลต่อดอก ซึ่งจำนวนเรณูต่อดอกได้เลือกศึกษาจาก 2 ต้น คือ เลือกจากต้นที่ 1 และ ต้นที่ 3 โดยดำเนินการสุ่มเก็บตัวอย่างดอกที่ตูมเต็มที่ก่อนบาน จำนวน 10 ดอกต่อต้น แช่ไว้ในสารละลาย FAA 50% หลังจากนั้นนำมานับจำนวนเรณูโดยสุ่มเลือกอับเรณูจำนวน 5 อับเรณูต่อดอก วิธีการนับจำนวนเรณูทำได้โดยนำอับเรณู 1 อับเรณูมาวางลงบนแผ่นสไลด์ แล้วทับด้วยแผ่นสไลด์อีกแผ่นหนึ่งบดอับเรณูให้กระจาย แยกแผ่นสไลด์ทั้งสองออกเพื่อนำแผ่นปิดสไลด์มาวางทับบนตัวอย่าง จากนั้นนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง นับจำนวนเรณูต่ออับเรณู ให้ทำเช่นเดียวกันนี้จนครบทั้ง 5 อับเรณู แล้วนำไปหาค่าเฉลี่ยของจำนวนเรณูต่อหนึ่งอับเรณู และคูณด้วยจำนวนอับเรณูทั้งหมด (10 อับเรณู) จะได้จำนวนเรณูต่อหนึ่งดอก ทำเช่นนี้จนครบ 10 ดอก แล้วนำไปหาค่าเฉลี่ยของจำนวนเรณูต่อหนึ่งดอก

ส่วนจำนวนออวุลต่อดอกดำเนินการโดยสุ่มเก็บตัวอย่างดอกจำนวน 100 ดอกต่อต้น จากนั้นแยกเอาเฉพาะส่วนรังไข่มาผ่าและนับจำนวนออวุลทั้งหมดต่อดอกโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบสามมิติ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของจำนวนออวุลต่อดอก

5. ประเมินประสิทธิภาพการติดผลตามธรรมชาติ

การประเมินประสิทธิภาพการติดผลตามธรรมชาติ (Fruit set efficiency) ดำเนินการโดยสุ่มช่อดอกที่มีดอกเริ่มบานหรือดอกตูมเจริญเต็มที่ แต่ช่อดอกที่เลือกนี้จะต้องไม่มีร่องรอยของการร่วงหล่นของดอก จำนวน 200 ช่อต่อต้น ในช่อดอกแต่ละช่อให้ตรวจนับจำนวนดอกย่อยทั้งหมด เมื่อดอกบานและพัฒนาเป็นผลประมาณ 2-3 สัปดาห์ ทำการตรวจนับจำนวนผลที่ติดทั้งหมดต่อช่อผล โดยทำการนับจากช่อที่ติดอยู่บนต้น แล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการติดผลโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการติดผล (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนผลที่ติดต่อช่อดอก}}{\text{จำนวนดอกทั้งหมดต่อช่อดอก}} \times 100$$

ช่อดอกที่ได้เลือกไว้เพื่อประเมินประสิทธิภาพการติดผลนี้ จะปล่อยทิ้งไว้ให้พัฒนาไปจนเป็นผลแก่เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

6. ประเมินค่าความสำเร็จของการสืบพันธุ์

เลือกใช้จำนวนดอกย่อยต่อช่อ (Fl) จากช่อดอกจำนวน 200 ช่อต่อต้น ที่ได้เลือกไว้เพื่อประเมินประสิทธิภาพการติดผลในข้อ 5. เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงการรบกวนช่อดอกที่ได้คัดเลือกไว้แล้วนี้จึงต้องทำการสุ่มดอกย่อยเพิ่มอีก จำนวน 100 ดอกต่อต้น และนำรังไข่มาผ่าเพื่อตรวจนับจำนวนออวุลต่อดอก (O) เมื่อถึงช่วงที่มีผลสุกแก่เต็มที่ทำการตรวจนับจำนวนผลแก่ต่อช่อผล (Fr) ทั้งหมดจากช่อผลที่ได้คัดเลือกไว้ในการศึกษาข้อ 5. จำนวน 200 ช่อต่อต้น และทำการสุ่มเลือกผลแก่มาจำนวน 200 ผลต่อต้น เพื่อตรวจนับจำนวนเมล็ดที่สุกแก่ต่อผล (S) แล้วนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความสำเร็จของการสืบพันธุ์ (Reproductive Success: RS) ตามสูตรของ Wiens *et al.* (1987) ดังนี้

$$RS = (Fr/Fl) \times (S/O)$$

โดยค่าดัชนี RS = 1 หมายถึง ดอกทุกดอกภายในช่อดอกพัฒนาไปเป็นผลทั้งหมดและออวุลทุกใบของดอกพัฒนาไปเป็นเมล็ดที่สมบูรณ์

สถานที่และระยะเวลาศึกษา

1. สถานที่ศึกษา

อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่เป็นอุทยานแห่งชาติแห่งแรกของประเทศไทย ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นอุทยานแห่งชาติเมื่อ วันที่ 18 กันยายน พ.ศ. 2505 มีเนื้อที่ประมาณ 1,355,396ไร่ หรือประมาณ 2,168 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของ 4 จังหวัด คือ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดนครนายก จังหวัดปราจีนบุรี และจังหวัดสระบุรี มีพื้นที่ต่อเนื่องกับผืนป่าในกลุ่มป่าดงพญาเย็น - เขาใหญ่ และเนื่องจากผืนป่าดงพญาเย็น - เขาใหญ่เป็นผืนป่าอนุรักษ์ที่อุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่าหายากใกล้สูญพันธุ์ เป็นแหล่งรวมความหลากหลายทางชีวภาพทั้งพืชพรรณและสัตว์ป่า ตลอดจนมีทัศนียภาพที่สวยงาม อำนวยประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมแก่ประชาชนทั่วไป อีกทั้งเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารที่หล่อเลี้ยงพื้นที่เกษตรกรรม การอุตสาหกรรมและการใช้สอยของชุมชน จนได้รับการขึ้นบัญชีเป็นอุทยานมรดกของกลุ่มประเทศอาเซียน (ASEAN Heritage Park and Reserves) ในปี พ.ศ. 2524 และในการประชุมคณะกรรมการมรดกโลกสมัยสามัญครั้งที่ 29 ณ เมืองเดอร์บัน ประเทศแอฟริกาใต้ เมื่อวันที่ 14 กรกฎาคม 2548 คณะกรรมการมรดกโลกแห่งองค์การศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ (UNESCO) ได้มีมติเป็นเอกฉันท์ให้ผืนป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ่ ขึ้นบัญชีเป็นมรดกทางธรรมชาติของโลก (The World Heritage ,WH) (กองอุทยานแห่งชาติ, 2529; กรมป่าไม้, 2544; กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2548)

1.1 ลักษณะภูมิประเทศ

อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ตั้งอยู่ทางด้านตะวันตกของเทือกเขาพนมดงรักในส่วนที่เรียกว่า “ดงพญาเย็น” สภาพพื้นที่เป็นภูเขาสลับซับซ้อนที่กั้นระหว่างที่ราบลุ่มภาคกลางกับที่ราบสูงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีเขาร่มเป็นยอดเขาสูงสุดคือ สูง 1,315 เมตรจากระดับน้ำทะเล จากสภาพภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสลับซับซ้อนของอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ทำให้เขาใหญ่เป็นจุดกำเนิดของลุ่มน้ำสำคัญซึ่งหล่อเลี้ยงพื้นที่ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมในภูมิภาคถึง 4 สาย (กองอุทยานแห่งชาติ, 2529) คือ ลุ่มน้ำนครนายก ลุ่มน้ำปราจีนบุรี ลุ่มน้ำลำตะคอง และลุ่มน้ำลำพระเพลิง

1.2 ลักษณะภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปของอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ เป็นแบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดูกาล (Tropical Savanna Climate) ลมมรสุมที่พัดผ่านแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม จะมีฝนตกชุกเนื่องจากได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และช่วงตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม อากาศจะหนาวเย็นและอาจมีฝนตกประปรายซึ่งเกิดจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

1.3 ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ

อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้อย่างสม่ำเสมอทำให้มีฝนตกชุกตามฤดูกาล และนอกจากนี้ยังได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ด้วย จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่สถานีอุตุนิยมวิทยาปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ข้อมูลภูมิอากาศในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ.2538-2548) พบว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 1,152.81 มิลลิเมตร ช่วงที่ฝนตกมากที่สุดคือ เดือนกันยายนเฉลี่ย 245.09 มิลลิเมตร และช่วงที่ฝนตกน้อยที่สุดคือ เดือนธันวาคมเฉลี่ย 3.21 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยในรอบปี 26.09 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในเดือนเมษายน 33.85 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยในเดือนมกราคม 17.15 องศาเซลเซียส

1.4 ความหลากหลายทางชีวภาพ

อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่เป็นพื้นที่ป่าที่นับได้ว่ามีความหลากหลายทางชีวภาพค่อนข้างสูง อันเป็นแหล่งทรัพยากรทางพันธุกรรมที่รอการศึกษาเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อมนุษยชาติได้ในอนาคต ความหลากหลายในระดับสังคมพืช ประกอบด้วยป่า 6 ชนิด ได้แก่ ป่าดิบแล้ง (Dry Evergreen Forest) ป่าดิบชื้น (Moist Evergreen Forest) ป่าดิบเขา (Hill Evergreen Forest) ป่าเบญจพรรณ (Mixed Deciduous Forest) ป่าเต็งรัง (Dry Dipterocarp Forest) และทุ่งหญ้า (Grassland)

ความหลากหลายในระดับชนิดพันธุ์พืช มีพันธุ์พืชไม่ต่ำกว่า 2,500 ชนิด โดยมีชนิดไม้ที่มีค่าหายากทั้งทางด้านเศรษฐกิจและพืชสมุนไพรมากมาย ที่สำคัญได้แก่ ไม้กฤษณา (*Aquilaria crassna*) ที่มีมูลค่าสูงมาก

ความหลากหลายในระดับชนิดพันธุ์สัตว์ เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่านานาชนิด โดยคณะวนศาสตร์ (2536) ได้รายงานไว้ว่ามีสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม 66 ชนิด สัตว์เลื้อยคลาน 35 ชนิด สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 18 ชนิด นก 337 ชนิด และแมลงไม่น้อยกว่า 206 ชนิด โดยมีสัตว์ป่าที่สำคัญ ได้แก่ ช้าง กวาง เก้ง กระทิง เสือโคร่ง หมาใน ชะนีมงกุฎ ชะนีมือขาว และนกเงือก เป็นต้น

2. ระยะเวลาทำการศึกษา

ทำการศึกษาตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2549 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2550

ผลและวิจารณ์

1. การพัฒนาของดอกกฤษณา

กฤษณาออกดอกเป็นช่อ (inflorescene) ช่อดอกเป็นแบบซี่ร่ม (umbel) คือ มีช่อดอกแบบกระจุกที่มีก้านดอกย่อยออกมาจากจุดเดียวกัน ช่อดอกเกิดมาจากตายอด (terminal bud) และตาข้าง (axillary bud) ที่ง่ามใบหรือซอกใบบริเวณปลายกิ่ง โดยจะเกิดขึ้นพร้อมๆ กับตาใบ (leaf bud) บนกิ่งเดียวกัน ตาช่อดอกมีขนาดเล็กมากประมาณ 1 มิลลิเมตร ในช่วงระยะแรกตาช่อดอกจะให้กำเนิดดอกย่อยขึ้นมาเรื่อยๆ หลังจากนั้นประมาณ 8-10 วัน จะไม่มีการพัฒนาเพิ่มจำนวนดอกย่อยขึ้นมาอีก และจะมีจำนวนดอกเท่าเดิมจนกระทั่งช่อดอกเจริญเติบโตเต็มที่

กฤษณาที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติบนอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่จะเริ่มออกดอกตั้งแต่ต้นเดือนมีนาคมโดยเริ่มบานและทยอยบานไปจนถึงเดือนพฤษภาคม ซึ่งการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงของดอกกฤษณาที่เริ่มตั้งแต่เป็นตาช่อดอกขนาดที่สังเกตได้ สามารถแบ่งการพัฒนาออกเป็นระยะต่างๆ ดังนี้

ระยะที่ 1 เริ่มตั้งแต่เกิดตาช่อดอกและมีการพัฒนาดอกย่อย แต่ดอกย่อยยังถูกหุ้มอยู่ภายในใบประดับ (bract) ขนาดเล็ก (ภาพที่ 2ก)

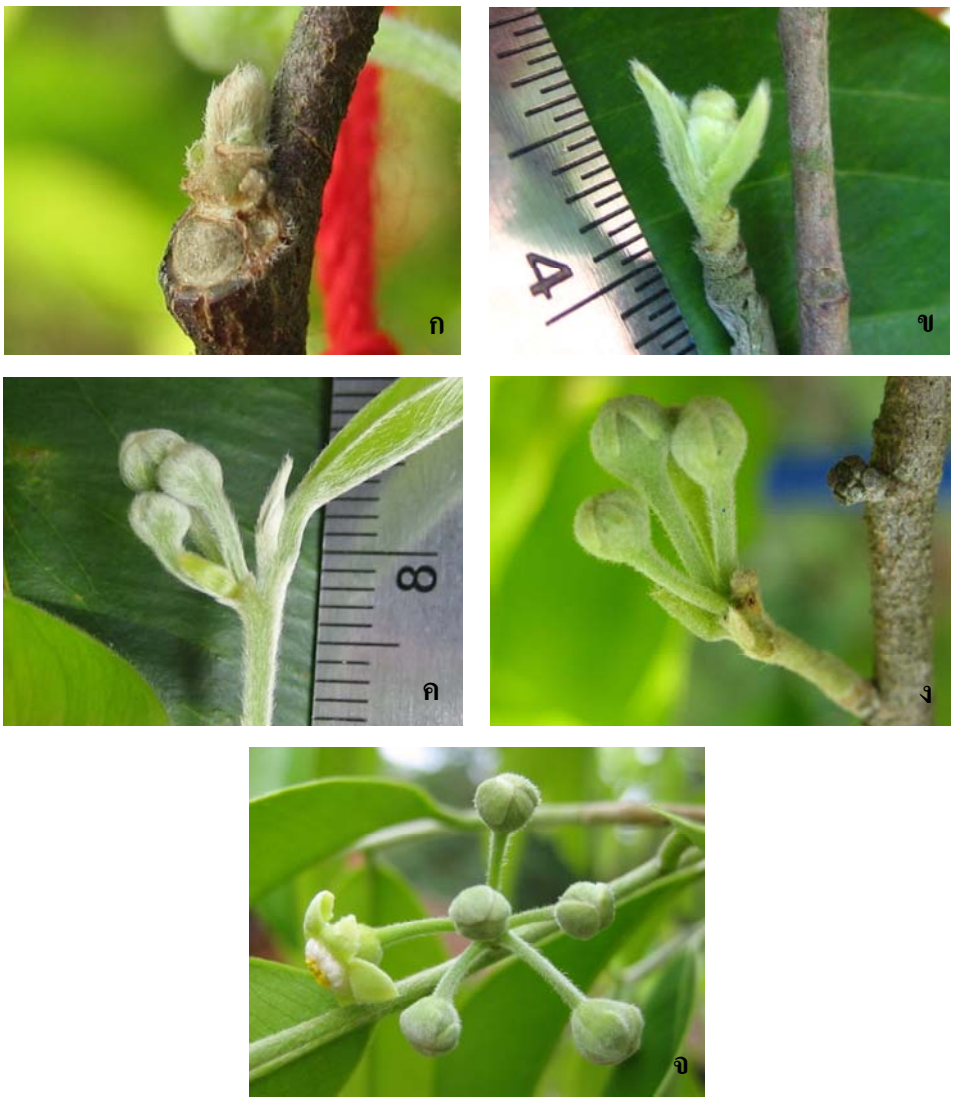
ระยะที่ 2 ช่อดอกเจริญเติบโตโผล่พ้นใบประดับ (bract) ออกมาแล้ว มีการเพิ่มขนาดและความยาวมากขึ้น จากระยะที่ 1 พัฒนามาถึงระยะที่ 2 ใช้เวลาประมาณ 7 วัน ช่อดอกยาวประมาณ 3-6 มิลลิเมตร ดอกย่อยแต่ละดอกมีการเรียงตัวอัดกันแน่นภายในช่อดอกยังไม่สามารถแยกออกเป็นดอกย่อยแต่ละดอกได้ โดยดอกย่อยมีขนาดประมาณ 0.5-2 มิลลิเมตร (ภาพที่ 2ข)

ระยะที่ 3 ก้านดอกย่อยยืดยาวเพิ่มมากขึ้น ดอกย่อยเจริญใหญ่ขึ้นสามารถแยกออกเห็นเป็นดอกย่อยแต่ละดอกได้อย่างชัดเจน ดอกย่อยมีขนาดประมาณ 1-3 มิลลิเมตร ระยะนี้ใช้เวลาพัฒนามาจากระยะที่ 2 ประมาณ 8-10 วัน (ภาพที่ 2ค)

ระยะที่ 4 ดอกย่อยมีขนาดเพิ่มมากขึ้นและเห็นกลีบเลี้ยงแยกออกจากกันอย่างชัดเจน ขนาดเกือบเท่าดอกตูมเต็มที่ มีขนาดประมาณ 3-5 มิลลิเมตร ดอกย่อยเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อนมากขึ้น จากระยะที่ 3 พัฒนามาถึงระยะที่ 4 ใช้เวลาประมาณ 1 สัปดาห์ (ภาพที่ 2ง)

ระยะที่ 5 ช่อดอกมีความยาวคงที่และก้านดอกย่อยแผ่กางออกเป็นช่อดอกแบบซี่ร่ม ดอกย่อยมีขนาดตูมเต็มที่ขนาดประมาณ 4-7 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงเริ่มเปิดบานออกและบานเต็มที่ในระยะนี้ จากระยะที่ 4 พัฒนามาถึงระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 5 - 7 วัน (ภาพที่ 2จ)

หลังจากที่ดอกบานเต็มที่แล้วบางดอกที่ได้รับการผสมเกสรยังคงติดอยู่บนก้านช่อดอกและพัฒนาต่อไปเป็นผล ส่วนดอกที่ไม่ได้รับการผสมก็จะร่วงไป การพัฒนาการของดอกกฤษณาตั้งแต่เริ่มเกิดเป็นตาช่อดอกไปจนถึงระยะดอกบานใช้เวลาประมาณ 20-30 วัน



ภาพที่ 2 ระยะต่างๆ ของการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงของดอกกฤษณา

ก. ระยะที่ 1 ช่วงเริ่มเกิดตาช่อดอก

ข. ระยะที่ 2 ช่อดอกเจริญเติบโตโผล่พ้นใบประดับ (bract) แต่ยังเรียงตัวอัดกันแน่น

ค. ระยะที่ 3 ดอกย่อยมีการพัฒนาเพิ่มขนาดและความยาวมากขึ้น

ง. ระยะที่ 4 ดอกย่อยมีกลีบเลี้ยงแยกออกจากกันชัดเจน

จ. ระยะที่ 5 ก้านดอกย่อยแผ่กางออกเป็นช่อดอกแบบซี่ร่ม

2. การบานของดอกภายในช่อดอกและระยะดอกบานเต็มที่ของดอกกฤษณา

จากลักษณะช่อดอกกฤษณาที่เป็นช่อดอกแบบซี่ร่ม (umbel) การบานของดอกภายในช่อดอกมีลักษณะการบานจากดอกที่อยู่ด้านนอกของช่อดอกไปสู่ดอกที่อยู่ข้างใน (racemose type) ช่วงระยะเวลาการบานของดอกนี้ใช้เวลาแตกต่างกันตามจำนวนดอกภายในช่อดอก โดยลักษณะการบานของดอกจะค่อยๆ บานครั้งละ 1-2 ดอก และบานเรื่อยไปจนถึงดอกที่อยู่ข้างในสุดของช่อดอก ส่วนมากดอกที่เริ่มบานก่อนจากข้างนอกของช่อดอกจะไม่ค่อยได้รับการผสมเกสรหรือผสมไม่ติด และจะร่วงภายใน 5 วันหลังจากดอกบาน โดยในสภาพป่าธรรมชาตินี้แต่ละช่อดอกส่วนใหญ่จะมีดอกที่ได้รับการผสมเกสรจนติดเป็นผลอ่อนช่อละประมาณ 1-2 ผลเท่านั้น จะเห็นได้ว่ามีจำนวนน้อยมากเมื่อเทียบกับจำนวนผลต่อช่อของกฤษณาที่ปลูกในสวนป่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Soehartono and Newton (2001) ที่พบว่า *A. malaccensis* และ *A. microcarpa* ที่อยู่ในสวนป่าจะผลิตเมล็ดได้มากกว่าต้นที่มีขนาดเดียวกันแต่อยู่ในสภาพธรรมชาติ ลักษณะเช่นนี้เป็นเพราะต้นที่อยู่ในสวนป่าได้รับการบำรุงดูแลทำให้ต้นกฤษณามีสภาพที่พร้อมต่อการออกดอกติดผล นอกจากนี้ในสภาพสวนป่ามีการปลูกต้นกฤษณารวมกันเป็นหมู่ไม้ทำให้มีลักษณะที่เหมาะสมต่อการถ่ายเรณูได้ง่ายขึ้น

ดอกกฤษณาเมื่อเจริญเต็มที่พร้อมบานมีลักษณะที่สังเกตเห็นได้ง่าย คือ บริเวณส่วนปลายของกลีบเลี้ยงมีการขยายออก ทำให้เห็นส่วนของกลีบเลี้ยงค่อยเปิดบานออก ซึ่งการเปิดบานออกของกลีบเลี้ยงนี้สามารถสังเกตเห็นได้ 2 ลักษณะ (ภาพที่ 3) และช่วงเวลาที่ดอกเริ่มบานสามารถสังเกตเห็นได้ในช่วงประมาณ 16-17 น. จนถึงช่วงเวลาประมาณ 17-19 น. กลีบเลี้ยงแต่ละกลีบจะขยายตัวและบานเต็มที่ โดยช่วงเวลาที่มีดอกบานมากที่สุด คือ ประมาณ 18 น.

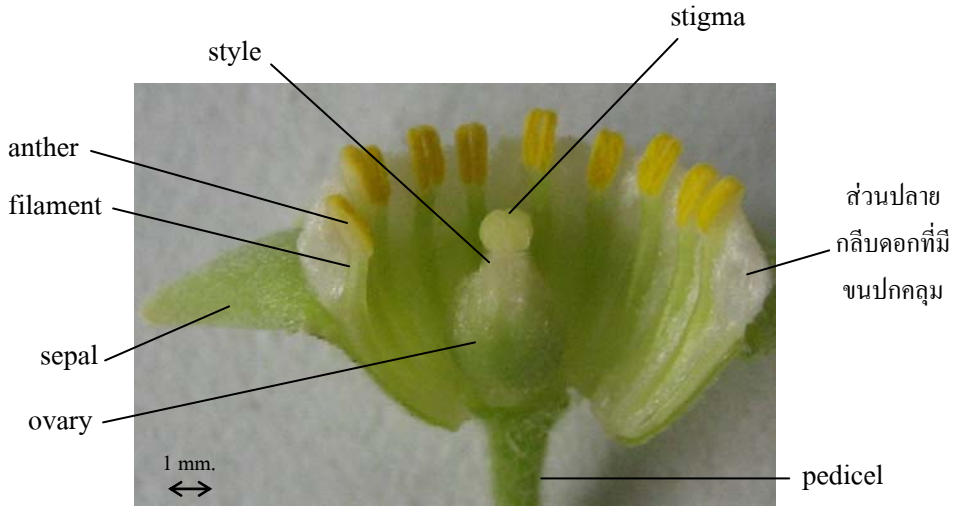
ภาพที่ 3 ลักษณะการบานของดอกกฤษณา

ก. กลีบเลี้ยงเริ่มเปิดบานออกจากกลีบที่อยู่ตรงข้ามกัน

ข. กลีบเลี้ยงเริ่มเปิดบานออกจากกลีบที่อยู่ติดกัน

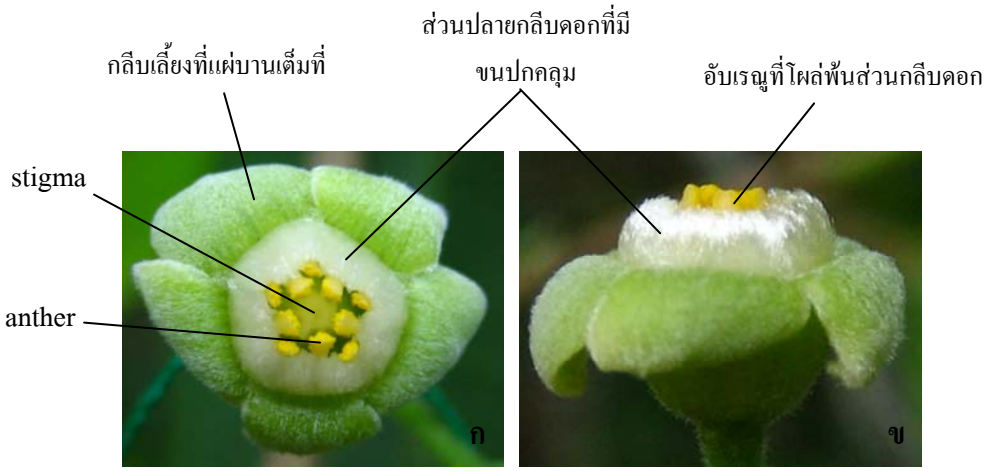
3. ตำแหน่งและการจัดเรียงตัวของส่วนต่างๆ ของดอกกฤษณา

ลักษณะของดอกกฤษณาเป็นดอกแบบสมบูรณ์ส่วน (complete flower) ที่ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ครบทุกส่วนและมีการเรียงตัวกันอย่างสมดุล ได้แก่ กลีบเลี้ยง (calyx) กลีบดอก (corolla) เกสรเพศผู้ (androecium) และเกสรเพศเมีย (gynoecium) ตามลำดับ (ภาพที่ 4 และ 5 ก) ดอกจะไม่มีฐานรองดอก



ภาพที่ 4 แสดงส่วนประกอบและการเรียงตัวของส่วนต่างๆ ของดอกกฤษณา

ชั้นนอกสุดของดอกเป็นส่วนของกลีบเลี้ยงมีสีเขียวอ่อน มีส่วนฐานของกลีบเชื่อมต่อกันเป็นหลอดกลีบเลี้ยง (calyx tube) ลักษณะเป็นรูปถ้วย บริเวณส่วนบนของถ้วยแยกเป็นกลีบ (sepal) รูปร่างของกลีบเลี้ยงเป็นรูปไข่ (ovate) ขอบกลีบเรียบ ปลายกลีบมนถึงกลม ปกคลุมด้วยขนอ่อนนุ่มแบบ pubescent โดยทั่วไปมีจำนวน 5 กลีบ แต่บางครั้งอาจพบจำนวนกลีบตั้งแต่ 4-7 กลีบ เมื่อดอกบานเต็มที่วงกลีบเลี้ยงจะแผ่ออกตามแนวระนาบ ปลายกลีบโค้งลงเล็กน้อย (ภาพที่ 5)

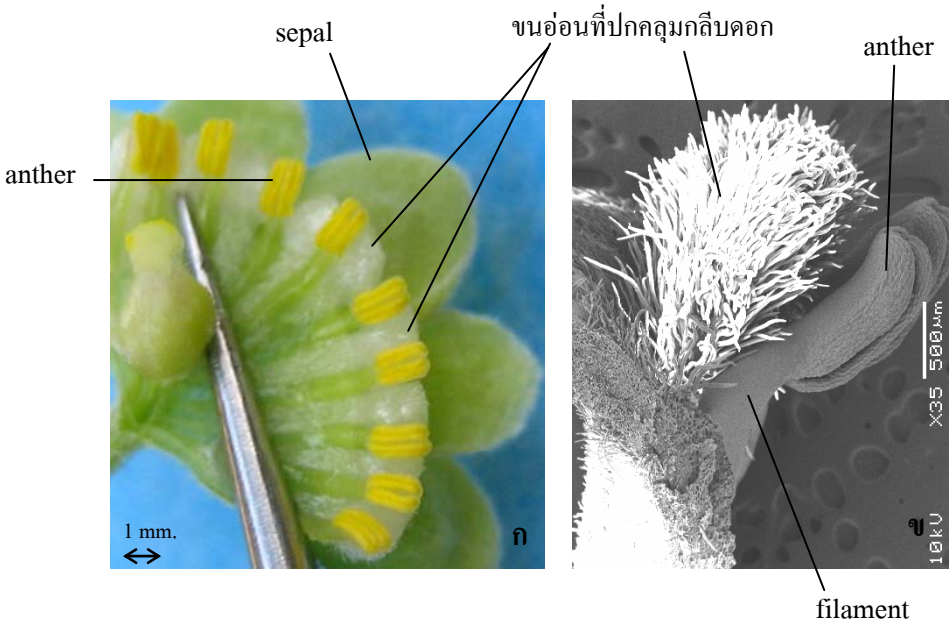


ภาพที่ 5 ลักษณะของดอกกฤษณาที่บานเต็มที่

ก. ภาพแสดงด้านบน (top view) ของดอกบานและการจัดเรียงส่วนประกอบของดอก

ข. ภาพด้านข้าง (side view) ของดอกบาน แสดงส่วนฐานของกลีบเลี้ยงที่เชื่อมต่อกันเป็นรูปถ้วย

ถัดเข้าไปข้างในเป็นชั้นของกลีบดอกซึ่งเชื่อมติดอยู่กับหลอดกลีบเลี้ยงตั้งแต่ส่วนโคนดอกจนถึงส่วนบนสุดของหลอดกลีบเลี้ยง ซึ่งปลายกลีบมีลักษณะลดรูปคล้ายเกล็ดดอกมีขนยาวมันเงาแบบ villose ปกคลุมหนาแน่น (ภาพที่ 6) มีจำนวน 10 กลีบ โดยมี 2 กลีบเรียงติดอยู่ที่โคนกลีบเลี้ยงแต่ละอันและเรียงตัวสลับกับเกสรเพศผู้ ถัดเข้ามาอีกชั้นหนึ่งเป็นส่วนของเกสรเพศผู้ซึ่งก้านของอับเรณูเชื่อมติดอยู่ส่วนบนของหลอดกลีบดอก (epipetalous stamen) มีจำนวน 10 อัน แต่ละอับเรณูยาวประมาณ 1.5 มิลลิเมตร รูปขอบขนาน สีเหลือง หันรอยแตกเข้าด้านใน (introse) ก้านของอับเรณูสั้นและมีความยาวเท่ากัน(homofilamentous stamen) ติดอยู่ที่ปลายของอับเรณูเป็นแบบ basifixed เมื่อดอกบานจะเห็นอับเรณูโผล่พ้นกลีบดอกเล็กน้อย

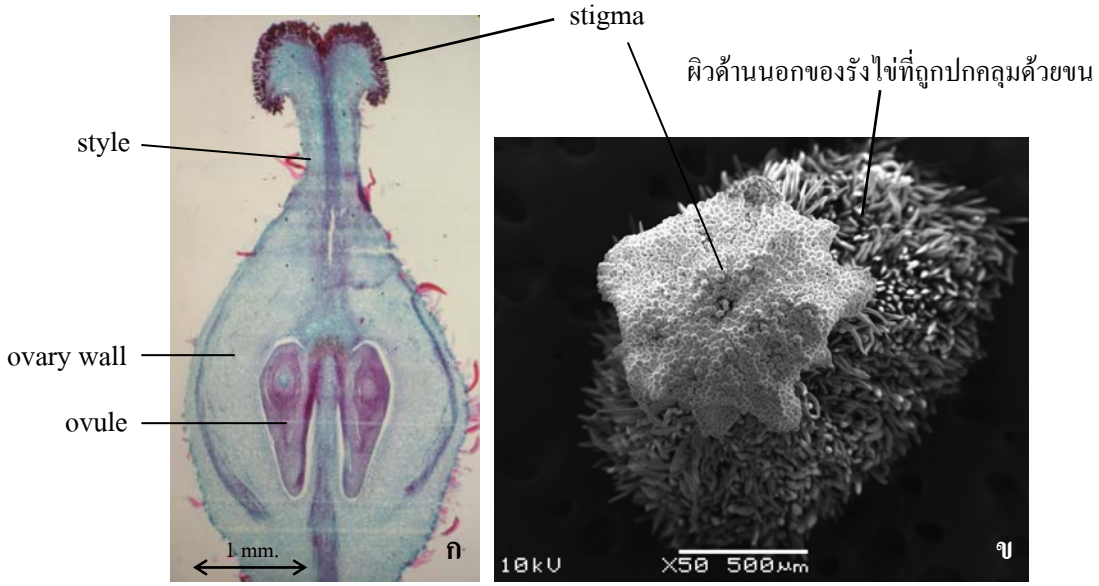


ภาพที่ 6 ลักษณะของกลีบดอกกฤษณาที่มีขนปกคลุมอยู่หนาแน่น

ก. ภาพส่วนประกอบของดอกที่ถ่ายจากกล้องธรรมดา แสดงกลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรเพศผู้ กลีบดอกมีสองกลีบสีขาวขนาบ 2 ข้าง ของเกสรเพศผู้

ข. ภาพขนอ่อนที่ปกคลุมกลีบดอกที่ถ่ายจากกล้องอิเลคตรอนแบบส่องกราด

ชั้นในสุดของดอกเป็นชั้นของเกสรเพศเมียประกอบด้วยรังไข่ (ovary) ก้านชูเกสรเพศเมีย (style) และยอดเกสรเพศเมีย (stigma) ส่วนตำแหน่งของรังไข่เป็นแบบรังไข่เหนือวงกลีบ (superior ovary) มีขนาด 3-5 x 1-3 มิลลิเมตร ที่ผิวด้านนอกของรังไข่มีขนอ่อนนุ่มปกคลุมหนาแน่นคล้ายส่วนกลีบดอก ก้านชูเกสรเพศเมียมีอันเดียวขนาดสั้นมาก (น้อยกว่า 1 มิลลิเมตร) ยอดเกสรเพศเมียมีรูปร่างแบบ capitate ซึ่งเมื่อสังเกตจากภาพตัดตามยาว (ภาพที่ 7ก) จะเห็นว่ายอดเกสรเพศเมียมีลักษณะที่มองเหมือนเป็น 2 แฉก แผ่ขยายออกด้านข้างเลยส่วนของก้านชูเกสรเพศเมียเล็กน้อย แต่เมื่อมองจากภาพผิวด้านบน (ภาพที่ 7ข) จะเห็นว่าส่วนยอดเกสรเพศเมียมีลักษณะแผ่ขยายออกคล้ายหมวกของดอกเห็ด โดยบริเวณผิวของยอดเกสรเพศเมียมีเซลล์ผิวยื่นขยายเป็นต่อม (glandular trichome) รูปร่างคล้ายกระบอง (papillae) ที่ประกอบด้วยหลายเซลล์เรียงเป็นแถวเดียวแบบ mullticellular uniseriate ส่วนของรังไข่มี 2 ช่อง (locule) ซึ่งแต่ละช่องมีออวุล (ovule) อยู่ 1 ใบ ออวุลจะติดอยู่ที่แกนกลางของรังไข่ (axile placentation) (ภาพที่ 7ก)



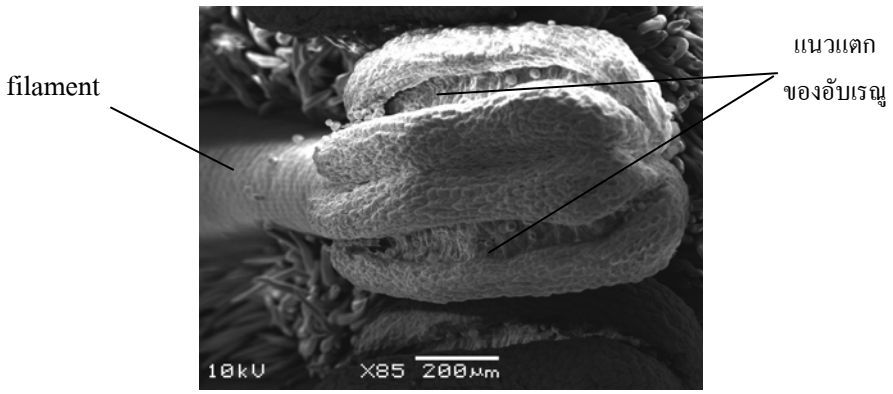
ภาพที่ 7 ลักษณะของเกสรเพศเมียดอกกฤษณา

ก. ภาพตัดตามยาวแสดงลักษณะทางกายวิภาคของเกสรเพศเมีย

ข. ภาพผิวด้านบน (top view) ยอดเกสรเพศเมียที่ถ่ายจากกล้องอิเลคตรอนแบบส่องกราด

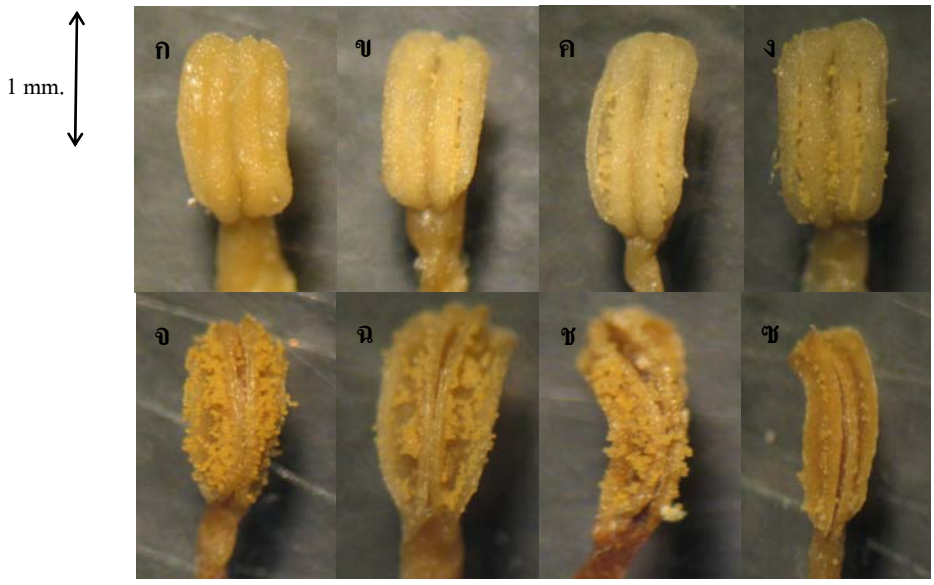
4. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอับเรณูและช่วงระยะเวลาการแตกของอับเรณู

อับเรณูของกฤษณาในแต่ละอันมี 2 พู (anther lobe) เรียงเบียดชิดกันตามแนวยาว เมื่อดอกมีการพัฒนาเต็มที่อับเรณูจะแตกตามแนวยาวของอับเรณู (ภาพที่ 8 และ 9)



ภาพที่ 8 อับเรณูของดอกกฤษณา แสดง 2 พู ติดกัน และแนวแตกตามยาวของแต่ละพู

จากการศึกษาการแตกของอับเรณูโดยการนำมาสังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสามมิติ พบว่าอับเรณูของดอกที่เก็บก่อนดอกเริ่มบาน 2 ชั่วโมง (เวลาประมาณ 16 น.) เริ่มแตกตามแนวยาวแล้ว โดยบริเวณช่องเปิดจะเห็นว่ามีเรณูเกาะกลุ่มกันอยู่ภายในอับเรณู ซึ่งช่วงเวลาที่อับเรณูเริ่มแตกนี้มีความสัมพันธ์ตรงกับช่วงเวลาที่ดอกเริ่มบานพอดี ส่วนในช่วงเวลาที่ดอกบานเต็มที่คือประมาณ 18 น. แนวแตกของอับเรณูจะเปิดมากขึ้นเรณูแยกออกจากกันมากขึ้น และในช่วงเวลาที่ดอกบานแล้วประมาณ 3 ชั่วโมง (21 น.) อับเรณูมีการแตกเต็มที่โดยจะมีเรณูแยกกระจายออกมาจากอับเรณูอย่างเห็นได้ชัดเจน ช่วงเวลาหลังจากนั้นอับเรณูจะค่อยๆ เหี่ยวแต่ก็ยังคงมีเรณูอยู่ในอับเรณูบ้างเล็กน้อย ดังแสดงในภาพที่ 9

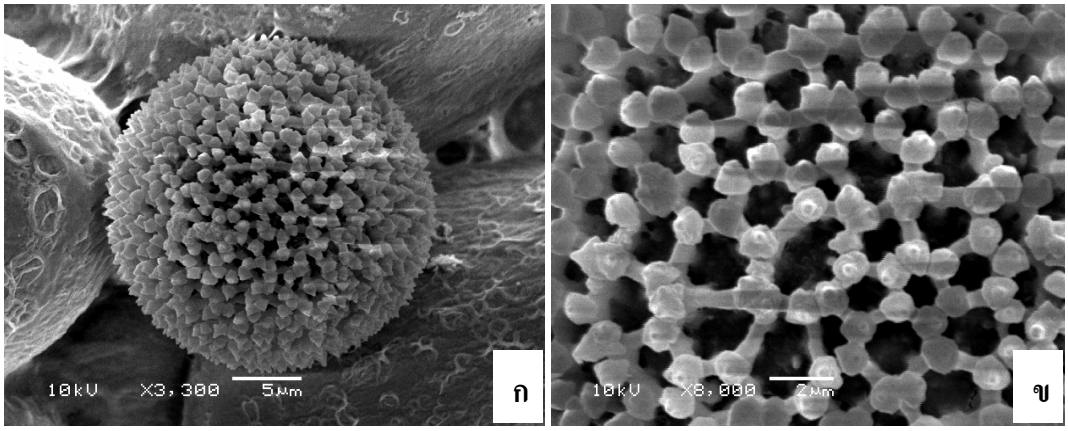


ภาพที่ 9 การแตกของอับเรณูดอกกฤษณาระยะต่างๆ ที่สังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสามมิติ

ก. อับเรณูของดอก 4 ชั่วโมงก่อนดอกบาน ข. อับเรณูของดอก 2 ชั่วโมงก่อนดอกบาน
ค. อับเรณูของดอกบานเต็มที่ (18.00 น.) ง. อับเรณูของดอกบานแล้ว 3 ชั่วโมง
จ. อับเรณูของดอกบานแล้ว 12 ชั่วโมง ฉ. อับเรณูของดอกบานแล้ว 24 ชั่วโมง
ช. อับเรณูของดอกบานแล้ว 36 ชั่วโมง ซ. อับเรณูของดอกบานแล้ว 48 ชั่วโมง

5. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเรณูดอกกฤษณา

จากการศึกษาโดยใช้กล้องอิเลคตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope) พบว่าเรณูของดอกกฤษณา (*A. crassna*) มีลักษณะทางสัณฐานวิทยา ดังนี้ ลักษณะเรณูเป็นเรณูเดี่ยว (monad) รูปร่างค่อนข้างกลม ไม่มีขั้ว (apolar) มีช่องเปิดรอบเรณูแต่ไม่สามารถมองเห็นได้เพราะชั้นนอกสุดของเรณูถูกปิดปกคลุมด้วยหนามที่เรียงตัวกันอยู่แบบร่างแห (recticulate) (ภาพที่ 10) เรณูมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20-25 ไมโครเมตร ซึ่งจัดว่าเป็นเรณูขนาดเล็กตามการแบ่งลำดับชั้น (size class) โดย Erdtman (1969)



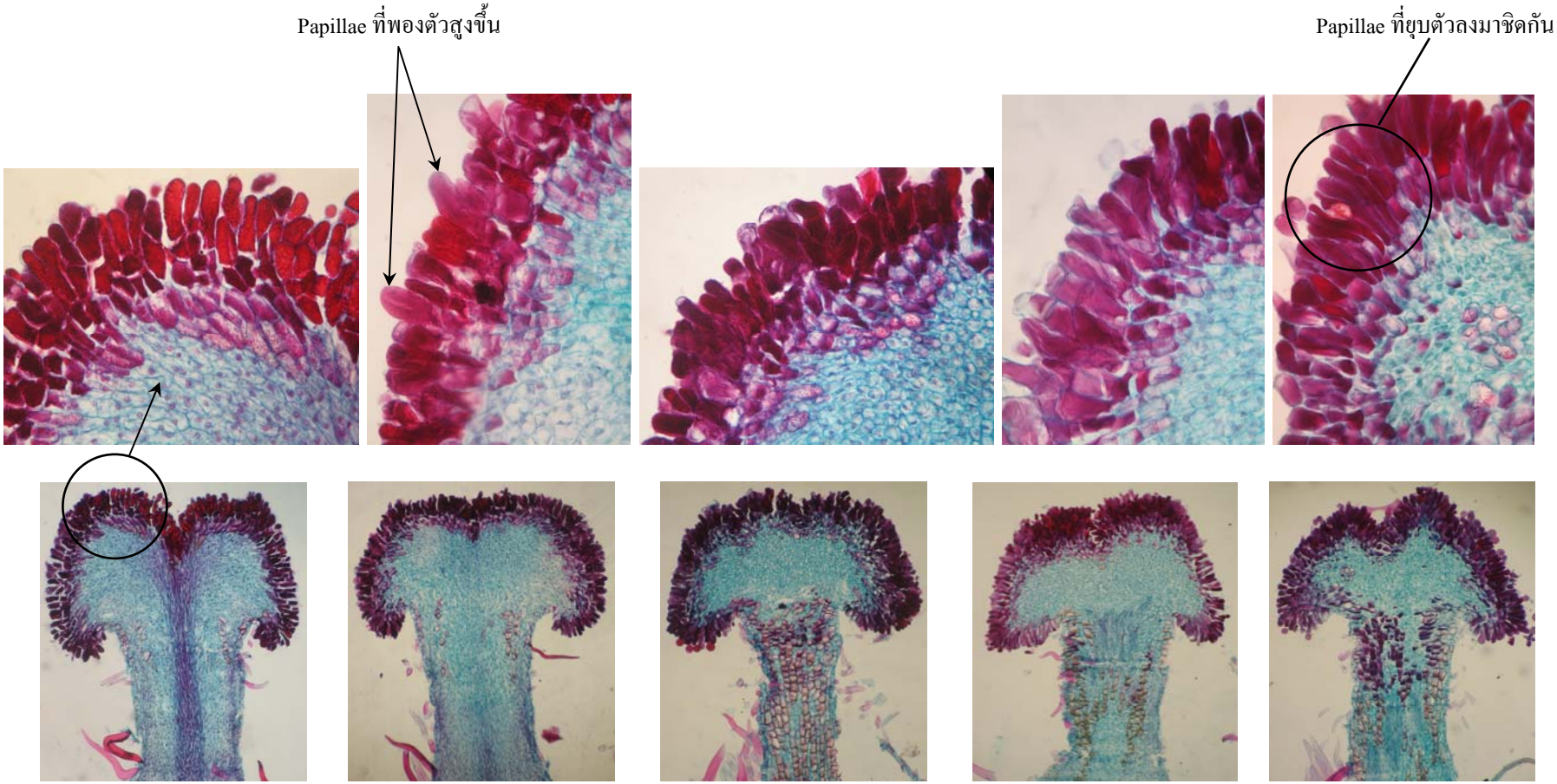
ภาพที่ 10 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเรณูดอกกฤษณา (*A. crassna*) ที่ถ่ายจากกล้องอิเลคตรอนแบบส่องกราด
ก. ลักษณะภายนอกทั่วไปของเรณู
ข. ลักษณะของหนามที่เรียงตัวแบบร่างแหอยู่ชั้นนอกสุดของเรณู

ในพืชสกุลเดียวกันเรณูส่วนใหญ่จะมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาและขนาดที่ใกล้เคียงกัน เช่น *A. malaccensis* มีเรณูขนาด 19-25 ไมโครเมตร (Herber, 2002) *A. grandiflora* มีเรณูขนาด 28 ไมโครเมตร และ *A. microcarpa* มีเรณูขนาด 21 ไมโครเมตร (Erdtman, 1952) ซึ่งเรณูที่กล่าวมานี้มีขนาดและลักษณะที่ใกล้เคียงกับ *A. crassna* การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเรณูนี้สามารถนำไปใช้ในการจำแนกพืชที่ต่างชนิดกันและการศึกษาชนิดของพาหะที่ช่วยในการถ่ายเรณู (pollinator) ได้อีกด้วย

6. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของยอดเกสรเพศเมีย และช่วงเวลาพร้อมผสมเกสรของเกสรเพศเมีย

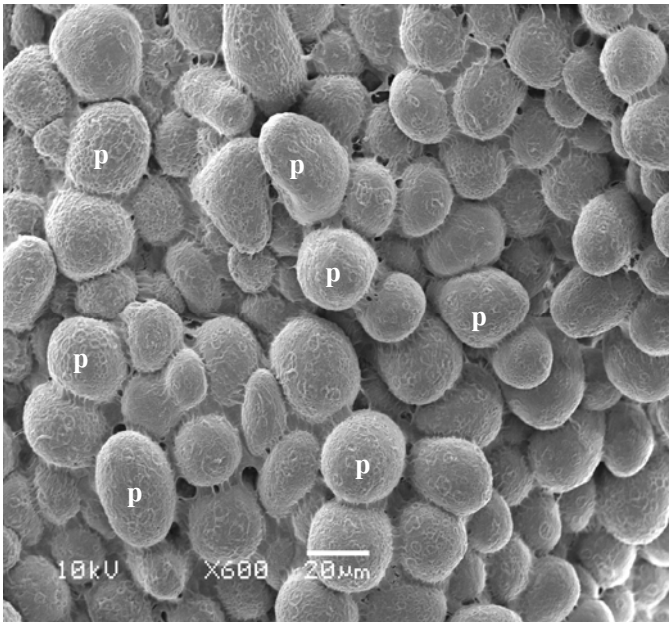
ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของยอดเกสรเพศเมียของดอกกฤษณา มีเซลล์ผิวเป็นต่อมรูปร่างแบบกระบอง (papillae) จำนวนมากเรียงตัวอัดกันแน่นบนยอดเกสรเพศเมีย ช่วงเวลาที่พร้อมผสมเกสรของเกสรเพศเมีย (female receptivity) ของดอกกฤษณาเกิดขึ้นหลังจากช่วงที่อับเรณูได้แตก (anthesis) แล้ว ซึ่งเป็นลักษณะของเกสรต่างเพศในดอกเดียวกันที่แก่ไม่พร้อมกันหรือเป็นแบบ protandry แต่ในดอกกฤษณาเกิดขึ้นในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกัน

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของยอดเกสรเพศเมียโดยใช้วิธีสังเกตจากภาพตัดตามยาวและรูปที่ถ่ายจากกล้องอิเลคตรอนแบบส่องกราดที่แสดงลักษณะทางกายวิภาคของยอดเกสรเพศเมียพบว่า ดอกที่เก็บก่อนถึงระยะดอกบาน ยอดเกสรเพศเมียมีลักษณะที่ยังไม่พร้อมรับการผสมเกสร โดยสังเกตได้จากส่วนกระบองเล็กๆ บนยอดเกสรเพศเมียมีการรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนอย่างหนาแน่นและมีความสูงที่ค่อนข้างสม่ำเสมอกัน ไม่พบเรณูติดอยู่ (ภาพที่ 12) เมื่อถึงช่วงเวลาที่ดอกบานเต็มที่ (18 น.) ส่วนกระบองเล็กๆ ที่มีขนาดใหญ่กว่า มีการพองตัวขยายขนาดโดยเฉพาะอย่างยิ่งทางความสูงและพบว่ามีการขับสารเหลว (stigmatic secretion) ออกมาและเมื่อสังเกตจากภาพตัดตามยาว (ภาพที่ 11) จะพบว่าเซลล์ผิวที่มีลักษณะคล้ายกระบองของยอดเกสรเพศเมียมีการพองตัวอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนั้นยังพบเรณูติดอยู่แต่จำนวนน้อยโดยที่เรณูมีขนาดใกล้เคียงกับถุงรูปกระบองแต่แตกต่างกันที่ผิวของเรณูมีรูพรุนคล้ายร่างแห (ภาพที่ 13) ในช่วงเวลาประมาณ 21 น. (ดอกบานแล้ว 3 ชั่วโมง) ยอดเกสรเพศเมียมีการขับสารเหลวออกมาเคลือบปกคลุมบริเวณพื้นผิวอย่างหนาแน่น นอกจากนั้นแล้วยังสามารถเห็นเรณูจำนวนมากงอกหลอดเรณู (pollen tube) แล้วในระยะนี้ (ภาพที่ 14) หลังจากนั้นสารเหลวที่เคลือบปกคลุมพื้นผิวของยอดเกสรเพศเมียจะค่อยๆ แห้งไป และส่วนกระบองเล็กๆ ก็จะค่อยๆ ยุบตัวลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น พบเรณูจำนวนมากบนพื้นผิวของยอดเกสรเพศเมีย (ภาพที่ 15) และเมื่อสังเกตจากภาพตัดตามยาวจะพบว่ารูปร่างของยอดเกสรเพศเมียค่อยๆ ยุบตัวลงเช่นเดียวกัน จนถึงในระยะที่ดอกบานแล้ว 48 ชั่วโมง (ภาพที่ 11 และ16) พบว่า สารเหลวบริเวณพื้นผิวของยอดเกสรเพศเมียมีลักษณะค่อนข้างแห้ง ส่วนของกระบองเล็กๆ มีการยุบตัวลงมาเบียดชิดติดกัน ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้ชัดจากภาพตัดตามยาวของยอดเกสรเพศเมีย

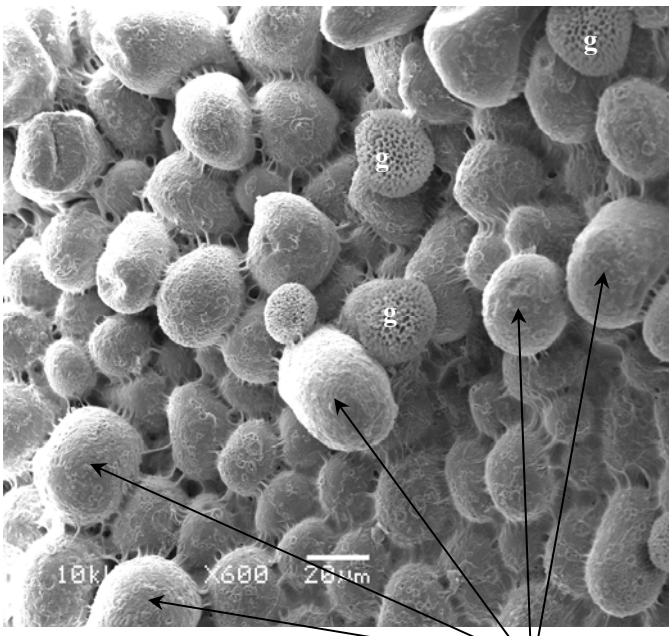


ภาพที่ 11 ภาพตัดตามยาวแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายวิภาคของยอดเกสรเพศเมียดอกกฤษณา

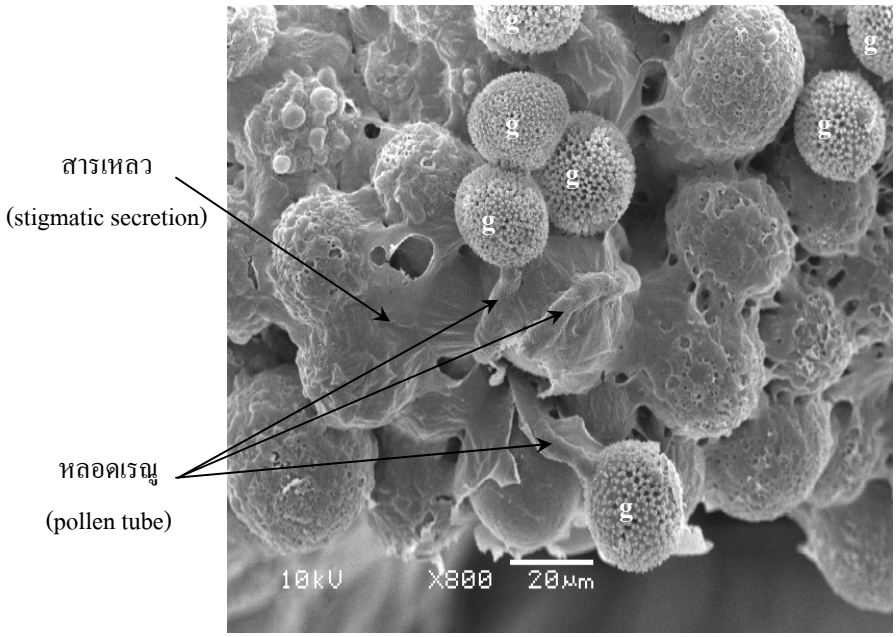
ลักษณะของยอดเกสรเพศเมียดอกกฤษณาที่มีการขับสารเหลวออกมานี้เป็นลักษณะของยอดเกสรเพศเมียที่พร้อมรับการผสมเกสร โดยจัดว่าเป็นยอดเกสรเพศเมียแบบเปียก (wet stigma) (Heslop-Harrison and Shivanna, 1977) ซึ่งสารเหลวที่ขับออกมาจากยอดเกสรเพศเมียแบบเปียกนี้จะประกอบไปด้วยสารต่างๆ ที่มีความสำคัญต่อการงอกของเรณูบนยอดเกสรเพศเมีย และจากการสังเกตยอดเกสรเพศเมียดอกกฤษณานี้พบว่า ช่วงที่ยอดเกสรเพศเมียพร้อมรับการผสมเกสรมีช่วงตั้งแต่ดอกเริ่มบานเวลาประมาณ 18 น. จนถึงช่วงหลังดอกบานอย่างน้อย 12 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 24 ชั่วโมง เป็นที่น่าสังเกตว่าหลังจากดอกบาน 3 ชั่วโมง ถุงรูปกระบองมีการพองเต็มที่และเรณูมีการงอกหลอดเรณูที่สมบูรณ์ ซึ่งช่วงเวลาตั้งแต่ 18-21 น. น่าจะเป็นช่วงที่เหมาะสมในการควบคุมการผสมเกสร



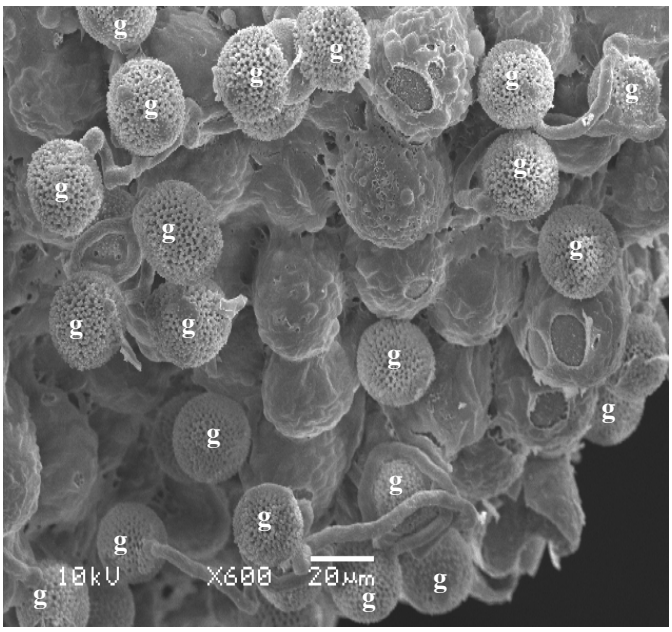
ภาพที่ 12 ลักษณะยอดเกสรเพศเมียของดอก 4 ชั่วโมงก่อนบาน ยังไม่พบเรณูบนพื้นผิว ขนาดของถุงรูปกระบองค่อนข้างสม่ำเสมอกัน
p = ถุงรูปกระบองที่มีขนาดใหญ่ (papillae)



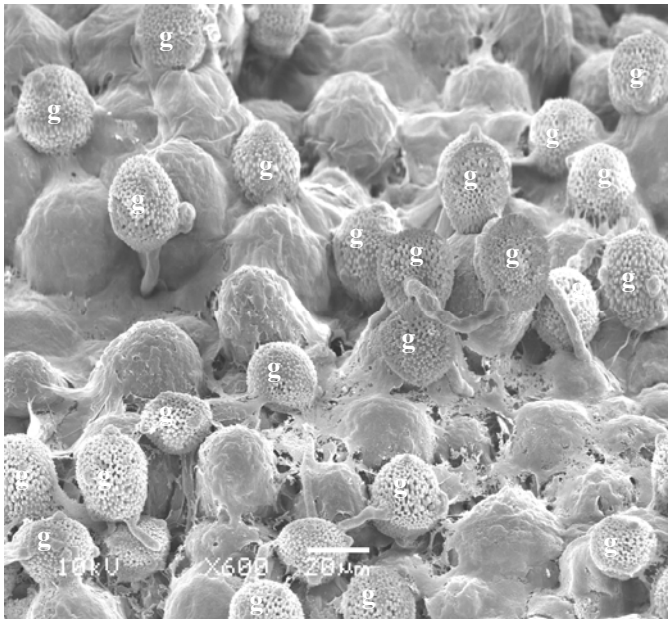
ภาพที่ 13 ลักษณะยอดเกสรเพศเมียของดอกบานเต็มที่ (18 น.) เริ่มพบเรณูบนพื้นผิวถุงรูปกระบอง (papillae) มีการพองตัวและสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด (g = pollen grain)



ภาพที่ 14 ลักษณะยอดเกสรเพศเมียของดอกบานแล้ว 3 ชั่วโมง พบสารเหลวเคลือบปกคลุมพื้นผิวอย่างหนาแน่นและพบว่าเรณูกำลังงอกหลอดเรณู



ภาพที่ 15 ลักษณะยอดเกสรเพศเมียของดอกบานแล้ว 24 ชั่วโมง พบเรณูบนพื้นผิวจำนวนมาก หลอดเรณูงอกยาวมากขึ้น ถุงรูปกระบองเริ่มยุบตัว



ภาพที่ 16 ลักษณะยอดเกสรเพศเมียของดอกบานแล้ว 48 ชั่วโมง สารเหลวที่เคลือบพื้นผิวค่อนข้างแห้ง ถุงรูปกระบองมีการยุบตัวลงไปมาก

7. การพัฒนาของผลกฤษณา

การพัฒนาของผลกฤษณาเริ่มมีการติดผลจนถึงเป็นผลสุกแก่ตั้งแต่ต้นเดือนเมษายนจนถึงในช่วงปลายเดือนพฤษภาคม ซึ่งใช้เวลาประมาณ 11 สัปดาห์ โดยการพัฒนาของผลตั้งแต่เริ่มติดผลจนมีขนาดโตเต็มที่ใช้เวลาประมาณ 9 สัปดาห์ แล้วใช้เวลาอีกประมาณ 2 สัปดาห์ จากระยะผลเจริญเต็มที่ผลจึงสุกแก่ จากการศึกษาการพัฒนาของผลกฤษณา สามารถแบ่งระยะการพัฒนาออกเป็น 7 ระยะ ดังนี้ (ภาพที่ 17)

ระยะที่ 1 หรือช่วง 1 สัปดาห์หลังดอกบาน ขนาดของผลจะเริ่มมีขนาดใหญ่กว่ารังไข่เล็กน้อย ส่วนขนาดของกลีบเลี้ยงยังมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดกลีบเลี้ยงของดอกที่บานเต็มที่ โดยกลีบเลี้ยงจะมีลักษณะห่อตัวกลับมาคลุมปิดส่วนของรังไข่ ผลอ่อนมีขนาด 0.40-0.56 x 0.33-0.48 เซนติเมตร

ระยะที่ 2 หรือช่วง 2 สัปดาห์หลังดอกบาน ส่วนของผลและกลีบเลี้ยงมีการเจริญเติบโตเพิ่มขนาด โดยส่วนกลีบเลี้ยงมีการเจริญยืดยาวและขยายตัวมากจนหุ้มปิดผลอ่อนไว้ทั้งหมด ผลมีขนาด 0.77-0.96 x 0.67-0.86 เซนติเมตร

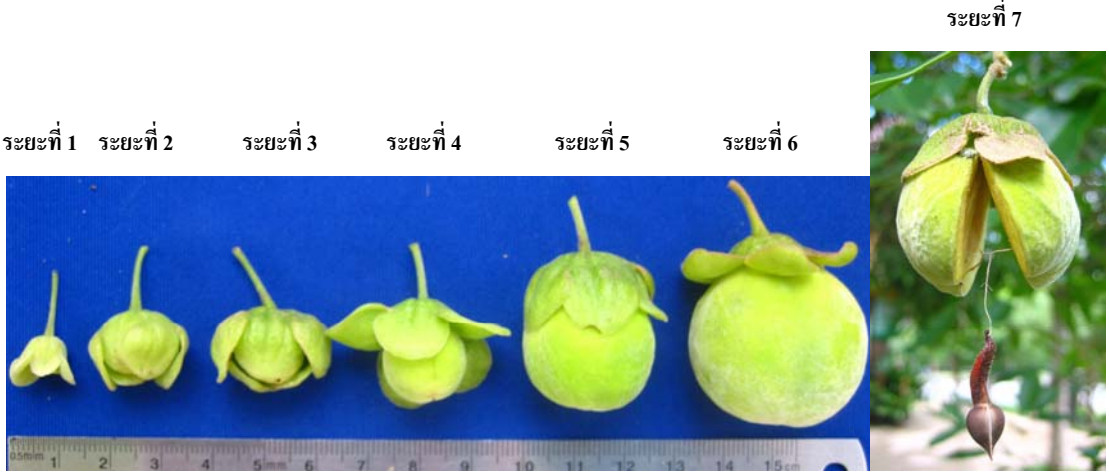
ระยะที่ 3 หรือช่วง 3 สัปดาห์หลังดอกบาน ส่วนของผลและกลีบเลี้ยงมีการเจริญเติบโตจนมีความยาวที่ใกล้เคียงกัน ผลมีขนาด 0.99-1.50 x 0.84-1.23 เซนติเมตร ในระยะนี้ส่วนของกลีบเลี้ยงมีขนาดพัฒนาเต็มที่

ระยะที่ 4 หรือช่วง 5 สัปดาห์หลังดอกบาน ส่วนของผลมีการเจริญเติบโตจนมีขนาดโผล่พ้นเลยส่วนของกลีบเลี้ยงอย่างเห็นได้ชัดเจน ผลมีขนาด 1.54-1.90 x 1.28-1.51 เซนติเมตร

ระยะที่ 5 หรือช่วง 7 สัปดาห์หลังดอกบาน ส่วนของผลมีการพัฒนาขยายขนาดยาวเป็นสองเท่าของขนาดกลีบเลี้ยง ผลมีขนาด 2.29-2.88 x 1.85-2.24 เซนติเมตร

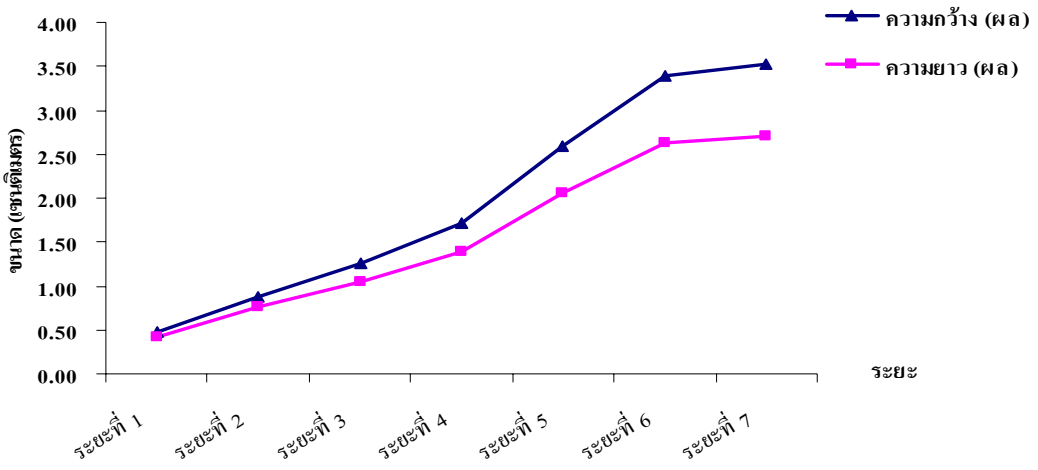
ระยะที่ 6 หรือช่วง 9 สัปดาห์หลังดอกบาน ส่วนของผลมีการพัฒนาจนขยายขนาดโตเต็มที่ ส่วนกลีบเลี้ยงเปิดกางออก ผลมีขนาดประมาณ 3.07-3.73 x 2.46-2.77 เซนติเมตร

ระยะที่ 7 หรือช่วง 11 สัปดาห์หลังดอกบาน เป็นระยะที่ส่วนของผลสุกแก่ทางสรีรวิทยา โดยเมื่อผลแก่เต็มที่ส่วนของเปลือกจะปริแตกแบ่งผลออกเป็นสองซีกขณะอยู่บนต้น และมีเมล็ดห้อยติดคาอยู่ที่ผล



ภาพที่ 17 ผลกฤษณาในระยะต่างๆ ของการพัฒนาของผล

จากการเติบโตขยายขนาดในระยะต่างๆ ของการพัฒนาของผลกฤษณาจะเห็นได้ว่า ลักษณะการพัฒนาในช่วงแรก (ระยะที่ 1-3) การพัฒนาของผลค่อยๆ มีการเจริญเพิ่มขนาดอย่างช้าๆ ช่วงที่สอง (ระยะที่ 4-6) การเจริญเติบโตของผลเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วโดยมีขนาดเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัว จนถึงในช่วงสุดท้ายคือหลังระยะที่ 6 การเติบโตของผลมีอีกเพียงเล็กน้อยและหยุดการเจริญเติบโต รูปแบบการพัฒนาของผลสามารถนำมาแสดงได้ดังภาพที่ 18

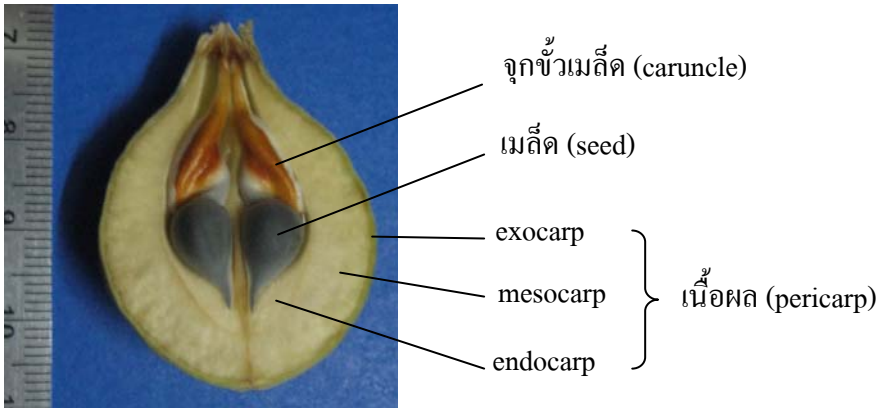


ภาพที่ 18 ขนาดของผลกฤษณาในระยะการพัฒนาต่างๆ

8. โครงสร้างของผลกฤษณา

เมื่อรังไข่ได้รับการปฏิสนธิ (fertilization) แล้วรังไข่จะพัฒนาไปเป็นผล ส่วนหลอดกลีบดอกเหี่ยวแห้งไป แต่หลอดกลีบเลี้ยงจะเจริญพัฒนาไปพร้อมกับส่วนของผล ลักษณะของผลเป็นแบบผลสดแตกกลางพู (fresh loculicidal capsule) รูปไข่กลับ (obovate) จนถึงกลม ส่วนปลายผลกลม (rounded) ขั้วผลมีกลีบเลี้ยงติดคงทน (persistant calyx) จำนวน 5 กลีบ หุ้มหลวม ๆ ปลายกลีบลู่ไปยังปลายผล ไปจนถึงปลายกลีบกางออกทางด้านข้าง เมื่อผลแก่จะแตกออกเป็น 2 พู แต่ละพูมี 1 เมล็ด บริเวณรอยแตกมีลักษณะปูดนูนเล็กน้อยตามรอยประสานตามความยาวผล

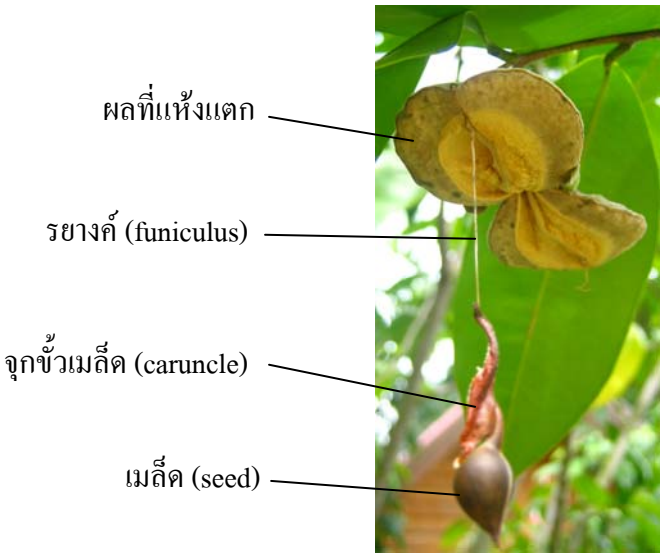
ส่วนประกอบของเนื้อผลกฤษณา (pericarp) แบ่งออกเป็น 3 ชั้น (ภาพที่ 19) คือ ผนังผลชั้นนอก (exocarp) เป็นส่วนเปลือกบางๆ มีลักษณะคล้ายหนัง (leathery) สีเขียวอ่อน มีขนนุ่มสั้นปกคลุม (pubescent) และมีเส้นแขนงปรากฏเด่นชัดบริเวณขั้วผลแล้วค่อยเลือนรางบริเวณปลายผล ถัดเข้ามาเป็นผนังผลชั้นกลาง (mesocarp) มีลักษณะคล้ายคอร์ก (corky) สีครีม เป็นชั้นที่มีความหนามากที่สุด และผนังผลชั้นใน (endocarp) เป็นส่วนเนื้อเยื่อสีขาว มีความหนาใกล้เคียงกับผนังผลชั้นนอก มีผนังคั่นช่อง (septum) ระหว่างพู เป็นสันนูนเด่นชัดในแต่ละพู



ภาพที่ 19 ส่วนประกอบของผลกฤษณา

9. การพัฒนาของเมล็ดกฤษณา

เมล็ดของกฤษณามีลักษณะรูปทรงแบบไข่ (ovoid) เปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกแห้งและเปราะ (testa crustaceous) มีจุกขั้วเมล็ด (caruncle) เจริญออกมาจากส่วนของเมล็ดรูปร่างคล้ายหาง และมีรยางค์ (funiculus) ลักษณะเป็นเส้นและยาวติดอยู่ที่ฐานของจุกขั้วเมล็ด เมื่อผลแก่จะแตกตั้งแต่อยู่บนต้นและมีเมล็ดห้อยติดคาอยู่ได้ด้วยส่วนของรยางค์ (ภาพที่ 20) ลักษณะการพัฒนาของเมล็ดกฤษณานั้น เมล็ดของผลในระยะที่ 2 จะเริ่มมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแตกต่างจากส่วนของออวุลเล็กน้อยโดยมีส่วนขั้วเมล็ดเจริญขึ้นมาให้เห็น ส่วนของเมล็ดนี้จะมีการพัฒนาขยายขนาดไปตามการเจริญเติบโตของผล (ภาพที่ 21) โดยเมล็ดในระยะที่ 3 และ 4 มีสีขาว มีลักษณะอ่อนนิ่มและมีการเจริญพัฒนาขยายขนาดเพิ่มขึ้น ซึ่งการพัฒนาของเมล็ดจะเริ่มหยุดการขยายขนาดในช่วงของผลระยะที่ 5 ส่วนของขั้วเมล็ดยังมีสีขาวและมีขนาดความยาวมากกว่าส่วนของเมล็ดประมาณสองเท่า ส่วนของเมล็ดจะเริ่มมีเปลือกหนาขึ้นและเปลี่ยนเป็นสีเทา เมื่อถึงระยะที่ 6 ส่วนของขั้วเมล็ดเปลี่ยนเป็นสีขาวอมน้ำตาล เปลือกของเมล็ดแข็งขึ้น จนถึงในระยะที่ผลสุกแก่ (ระยะที่ 7) เมล็ดจะมีสีดำและส่วนของขั้วเมล็ดเปลี่ยนมีสีน้ำตาลแดง



ภาพที่ 20 ภาพแสดงลักษณะของเมล็ดที่ห้อยติดคาอยู่กับผลด้วยส่วนของรยางค์ (funiculus)

ก. ระยะที่ 2 (2 สัปดาห์)

ข. ระยะที่ 3 (3 สัปดาห์)

ค. ระยะที่ 4 (5 สัปดาห์)

ง. ระยะที่ 5 (7 สัปดาห์)

จ. ระยะที่ 6 (9 สัปดาห์)

ฉ. ระยะที่ 7 (11 สัปดาห์)

ภาพที่ 21 การพัฒนาของเมล็ดกฤษณาในระยะต่างๆ ของการพัฒนาของผล

10. การประเมินระบบผสมข้ามของกฤษณาโดยศึกษาจากอัตราส่วนระหว่างจำนวนเรณู (P) ต่อจำนวนออวุล (O) (P/O ratio)

10.1 จำนวนเรณูต่ออับเรณู

จากการตรวจนับจำนวนเรณูทั้งหมดต่ออับเรณูของกฤษณาจำนวน 2 ต้น ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 และ ตารางผนวกที่ 1 ซึ่งพบว่า ต้นที่ 1 มีจำนวนเรณูต่ออับเรณูตั้งแต่ 1,626 - 2,371 เรณู มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 1,803.8 ± 42.01 เรณู สูงสุด 1,980.8 ± 102.10 เรณู และต้นที่ 3 มีจำนวนเรณูต่ออับเรณูตั้งแต่ 1,728 - 2,309 เรณู มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 1,873.2 ± 14.95 เรณู สูงสุด 2,046.2 ± 50.79 เรณู โดยค่าเฉลี่ยของจำนวนเรณูทั้งหมดต่ออับเรณู พบว่า ต้นที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของจำนวนเรณูทั้งหมดต่ออับเรณูเท่ากับ 1,895.6 ± 17.05 เรณู และต้นที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของจำนวนเรณูทั้งหมดต่ออับเรณูเท่ากับ 1,978.6 ± 15.51 เรณู ในขณะที่จำนวนออวุลทั้งหมดต่อดอกของทั้ง 3 ต้น มีค่าเท่ากันหมด คือ เท่ากับ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยจำนวนเรณูต่ออับเรณู

อับเรณู	**ต้นที่**	
ของดอกที่	**1**	**3**
1	1895.6 ± 52.16	1969.6 ± 36.44
2	1837.2 ± 65.94	2017.4 ± 46.46
3	1938.4 ± 53.67	1988.0 ± 43.06
4	1803.8 ± 42.01	2020.0 ± 46.72
5	1949.4 ± 52.55	1934.8 ± 59.26
6	1921.0 ± 62.12	1983.0 ± 52.98
7	1980.8 ± 102.10	2046.2 ± 50.79
8	1856.6 ± 64.71	1959.0 ± 20.62
9	1887.0 ± 49.48	1873.2 ± 14.95
10	1886.2 ± 38.98	1994.8 ± 42.31
เฉลี่ย	**1895.6 ± 17.05**	**1978.6 ± 15.51**

10.2 จำนวนเรณูต่อดอก

จำนวนเรณูต่อดอกจะมีความสัมพันธ์กับการถ่ายเรณู เนื่องจากพืชแต่ละชนิดจะมีการสร้างเรณูออกมาในปริมาณที่แตกต่างกันและมีจำนวนเรณูไม่เท่ากัน ในการศึกษาจำนวนเรณูต่อดอกนี้ทำให้สามารถทำนายรูปแบบทางอ้อมที่ค่อนข้างง่ายหรือวิธีการที่พืชนั้นจะมีการถ่ายเรณูแบบใดได้โดยที่ไม่ต้องคำนึงถึงพาหะที่เป็นตัวช่วยในการถ่ายเรณู เช่น พืชที่อาศัยลมเป็นพาหะในการถ่ายเรณูจะมีปริมาณการผลิตเรณูจำนวนมาก ได้แก่ พืชจำพวกหญ้า และไม้สกุลสน (*Pinus*) ส่วนไม้ในสกุล *Aquilaria* นั้น Soehartono and Newton (2001) พบว่า มีแมลงเป็นพาหะในการถ่ายเรณู ซึ่งจากการศึกษาจำนวนเรณูต่อดอกของกฤษณา (*A. crassna*) พบว่ามีค่าเฉลี่ยของจำนวนเรณูทั้งหมดต่อดอก ดังนี้ ต้นที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของจำนวนเรณูทั้งหมดต่อดอกเท่ากับ 18,956 ± 170.46 เรณู และต้นที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของจำนวนเรณูทั้งหมดต่อดอกเท่ากับ 19,786 ± 155.11 เรณู (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยจำนวนเรณูต่อดอกของดอกกฤษณา (*A. crassna*)

ต้นที่	ค่าเฉลี่ยจำนวนเรณูต่อดอกจากดอกจำนวน 10 ดอก										เฉลี่ย/ดอก	SE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	18956	18372	19384	18038	19494	19210	19808	18566	18870	18862	**18956**	**170.46**
3	19696	20174	19880	20200	19348	19830	20462	19590	18732	19948	**19786**	**155.11**

10.3 ระบบผสมข้าม

การกำหนดรูปแบบระบบผสมข้ามโดยการประเมินจากค่าอัตราส่วนของเรณู (P) ต่อจำนวนออวุล (O) (P/O ratio) ของต้นกฤษณามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9,685.5 ± 92.80 (ตารางที่ 4) เมื่อนำค่าที่ได้นี้มาจัดชั้นระบบการผสมข้ามตามวิธีการของ Cruden (1976) แล้ว พบว่า ระบบการผสมข้ามของต้นกฤษณา (*Aquilaria crassna*) จัดอยู่ในระดับ obligate xenogamy (มีค่าอัตราส่วนระหว่าง 2,108 – 195,525) กล่าวคือ มีระบบการผสมข้ามแบบข้ามต้น ซึ่งลักษณะ ดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Soehartono and Newton (2001) ที่พบว่า *Aquilaria* spp. มีระบบการผสมข้ามแบบ obligate outcrossing โดยมีแมลงหลายชนิดที่ปรากฏให้เห็นได้ชัดในช่วงกลางคืนเป็นตัวช่วยผสมเกสร

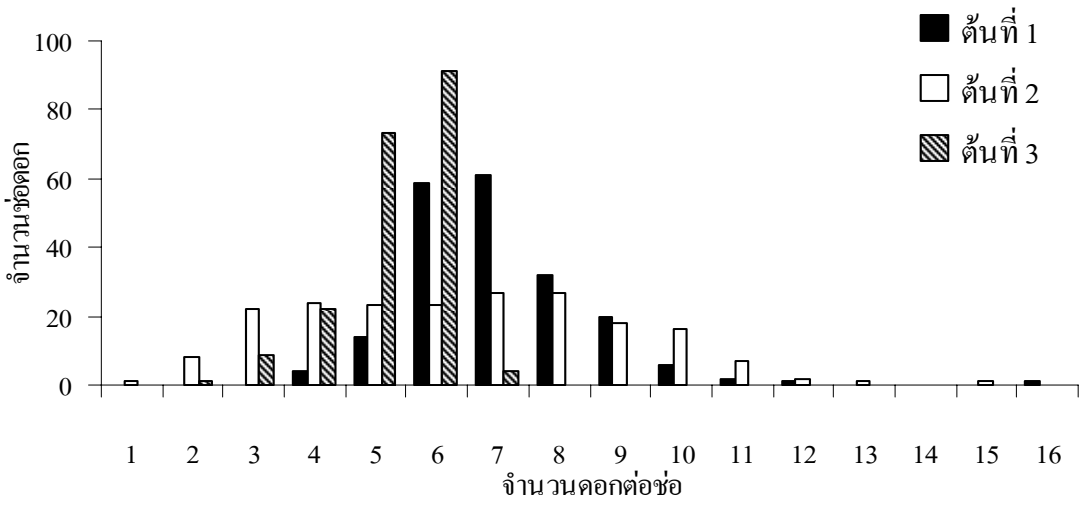
ตารางที่ 4 อัตราส่วนระหว่างเรณู (P) ต่อจำนวนออวุล (O) (P/O ratio) ของต้นกฤษณา

ต้นที่	ค่าเฉลี่ยของละอองเรณูทั้งหมดต่อดอก (P)	ค่าเฉลี่ยของจำนวนออวุลต่อดอก (O)	P/O ratio
1	18956 ± 170.46	2	9478
3	19786 ± 155.11	2	9893
mean ± SE	**19371 ± 185.59**	**2 ± 0**	**9685.5 ± 92.80**

อย่างไรก็ตามค่า P/O ratio นี้ก็ยังไม่สามารถระบุชี้ชัดถึงระบบสืบต่อพันธุ์ของกฤษณาได้ โดยสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดแบบกว้างๆ ได้เท่านั้น เพราะจากการศึกษาระยะการพัฒนาและตำแหน่งของเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียของดอกกฤษณาพบว่า ดอกมีเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียอยู่ภายในดอกเดียวกัน ดอกมีความแตกต่างของระยะการพัฒนาของเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียเป็นแบบ Protandry แต่มีระยะห่างของช่วงเวลาต่างกันเพียงเล็กน้อย และตำแหน่งของเกสรเพศผู้ที่อยู่เหนือเกสรเพศเมียเพียงเล็กน้อยโดยเรียงตัวอยู่ในลักษณะที่โอบล้อม ซึ่งลักษณะดังที่กล่าวมานี้ล้วนมีส่วนส่งเสริมต่อการผสมเกสรภายในดอกเดียวกัน (self pollination) แต่ลักษณะของค่า P/O ratio ที่ได้ศึกษามานี้ได้บ่งบอกว่าดอกกฤษณามีระบบการผสมเกสรแบบข้ามต้น (outcrossing) ดังนั้นการที่จะระบุถึงระบบสืบต่อพันธุ์โดยละเอียดจึงจำเป็นจะต้องมีการศึกษาด้านอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น ศึกษากลไกการถ่ายเรณู ศึกษาการควบคุมการผสมเกสร (controlled pollination) เพื่อหาดัชนีความล้มเหลวจากการผสมพันธุ์ภายในต้นเดียวกัน (self-incompatibility) เป็นต้น

11. ทำการประเมินประสิทธิภาพการติดผลตามธรรมชาติ (Fruit set efficiency)

จากการนับจำนวนดอกต่อช่อดอกของต้นกฤษณาทั้ง 3 ต้น พบว่ามีความผันแปรในแต่ละต้นตาม ภาพที่ 22 กล่าวคือ ต้นที่ 1 มีจำนวนดอกต่อช่อตั้งแต่ 4-16 ดอก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.07 ดอกต่อช่อดอก ต้นที่ 2 มีจำนวนดอกต่อช่อตั้งแต่ 1-15 ดอก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.44 ดอกต่อช่อดอกและต้นที่ 3 มีจำนวนดอกต่อช่อตั้งแต่ 2-7 ดอก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.28 ดอกต่อช่อดอก (ตารางผนวกที่ 2) แต่จากภาพที่แสดงความผันแปรของจำนวนดอกต่อช่อดอกนี้จะเห็นได้ว่าต้นที่ 1 และต้นที่ 3 มีจำนวนดอกต่อช่อดอกในช่วง 5-7 ดอก ค่อนข้างมาก กล่าวคือ ต้นที่ 1 มีจำนวนดอกต่อช่อ 6-7 ดอก คิดเป็น 60 เปอร์เซ็นต์ และต้นที่ 3 มีจำนวนดอกต่อช่อ 5-6 ดอก คิดเป็น 82 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 22 ความผันแปรของจำนวนดอกต่อช่อดอกต้นกฤษณา

การประเมินประสิทธิภาพการติดผลตามธรรมชาติของต้นกฤษณานี้ศึกษาจากจำนวนดอกที่ได้รับการผสมเกสรจนเกิดการปฏิสนธิเป็นผลอ่อน ซึ่งทำการตรวจนับจากเปอร์เซ็นต์การติดผลในช่วงระยะ 2-3 สัปดาห์หลังจากดอกบาน พบว่า จำนวนดอกที่ได้รับการผสมเกสรจนผลมีอายุ 2-3 สัปดาห์ ในต้นที่ 1 มีค่า 0-37.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.55 ต้นที่ 2 มีค่า 0-100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.92 และต้นที่ 3 มีค่า 0-50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.35 (ตารางผนวกที่ 2)

12. การประเมินค่าความสำเร็จของการสืบพันธุ์ (Reproductive Success, RS)

จำนวนดอกต่อช่อ (Fl) จำนวนออวุลต่อดอก (O) จำนวนผลต่อช่อ (Fr) จำนวนเมล็ดต่อผล และค่าความสำเร็จของการสืบพันธุ์ (RS = Fr/Fl x S/O) ของกฤษณาจากทั้ง 3 ต้น ที่ทำการศึกษามีค่าเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าความสำเร็จของการสืบพันธุ์ (Reproductive Success, RS)

ต้นที่	จำนวนดอกต่อช่อ (Fl)	จำนวนผลต่อช่อ (Fr)	Fr/Fl	จำนวนออวุลต่อดอก (O)	จำนวนเมล็ดต่อผล (S)	S/O	RS
1	7.07 ± 0.48	0.25 ± 0.18	0.035	2	1.82 ± 0.12	0.91	0.032
2	6.44 ± 0.83	0.35 ± 0.20	0.054	2	1.95 ± 0.07	0.98	0.053
3	5.28 ± 0.28	0.34 ± 0.19	0.064	2	1.83 ± 0.12	0.92	0.059
เฉลี่ย	**6.26 ± 0.287**	**0.31 ± 0.017**	**0.051**	**2.00**	**1.87 ± 0.011**	**0.93**	**0.048**

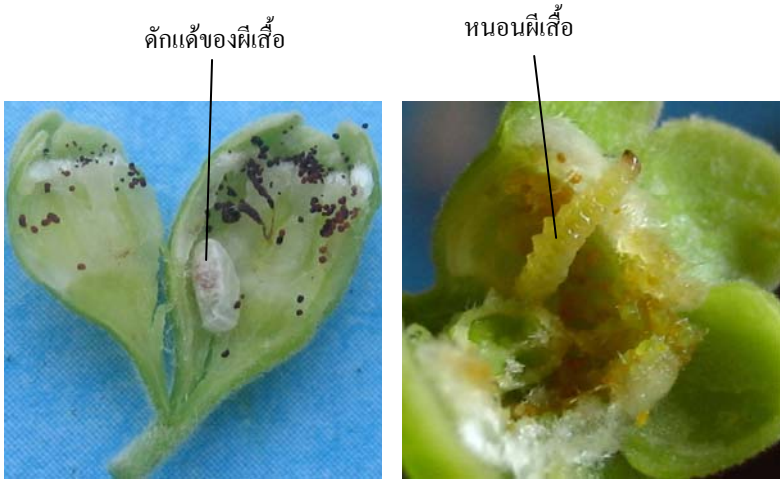
จากตารางที่ 5 พบว่า ต้นกฤษณามีค่าความสำเร็จของการสืบพันธุ์ (RS) ค่อนข้างต่ำ คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.048 แสดงให้เห็นว่ามีจำนวนดอกและออวุลเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่พัฒนาไปเป็นผลและเมล็ดที่สมบูรณ์ ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของพืชที่มีการผสมพันธุ์แบบข้ามต้น (outcrossing) ที่อธิบายโดย Wiens *et al.* (1987) ไว้ว่า พืชที่มีการผสมพันธุ์แบบข้ามต้น จะมีค่าความสำเร็จของการสืบพันธุ์ (RS) ต่ำกว่า 0.3

จากการหาค่า RS ของกฤษณานี้พบว่า มีค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนผลและดอกต่อช่อโดยเฉลี่ย (Fr/Fl) ค่อนข้างต่ำ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่ามีดอกจำนวนเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่เจริญพัฒนาไปเป็นผล โดยมีสาเหตุมาจากมีการร่วงหล่นของดอกและผลต่อช่อไปเป็นจำนวนมากในช่วงระยะของการเจริญเติบโต ส่วนค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนเมล็ดต่อผลและจำนวนออวุลต่อดอกโดยเฉลี่ย (S/O) นั้น มีค่าสูงมาก ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ผลที่สามารถพัฒนาไปเป็นผลแก่จะมีจำนวนเมล็ดต่อผลส่วนใหญ่เท่ากับ 2 แสดงให้เห็นว่าออวุลของผลกฤษณาส่วนใหญ่มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ สามารถพัฒนาไปเป็นเมล็ดที่สมบูรณ์ได้

การร่วงหล่นของดอกและผลอ่อนนี้เป็นผลมาจากหลายปัจจัยโดยเริ่มตั้งแต่ดอกในระยะก่อนบานที่โดนแมลงจำพวกตั๊กแตนกัดกินเป็นอาหาร (ภาพที่ 23) ใช้เป็นที่วางไข่และเป็นแหล่งอาหารของหนอนพวกผีเสื้อ (ภาพที่ 24) ทำให้ดอกถูกทำลายและหลุดร่วงก่อนที่จะเจริญเต็มที่ นอกจากนี้ในระยะดอกบานบางดอกที่ไม่ได้รับการผสมเกสรก็จะหลุดร่วงไปหรือแม้กระทั่งดอกที่

มีการปฏิสนธิจนเกิดเป็นผลอ่อนแล้วและอยู่ในช่วงที่มีการเจริญเติบโต ผลอ่อนบางส่วนยังทยอยหลุดร่วงได้จนเหลือผลอ่อนที่เจริญเต็มที่ประมาณ 4.98 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 23 ลักษณะของดอกกฤษณาที่ถูกตั๊กแตนทำลาย

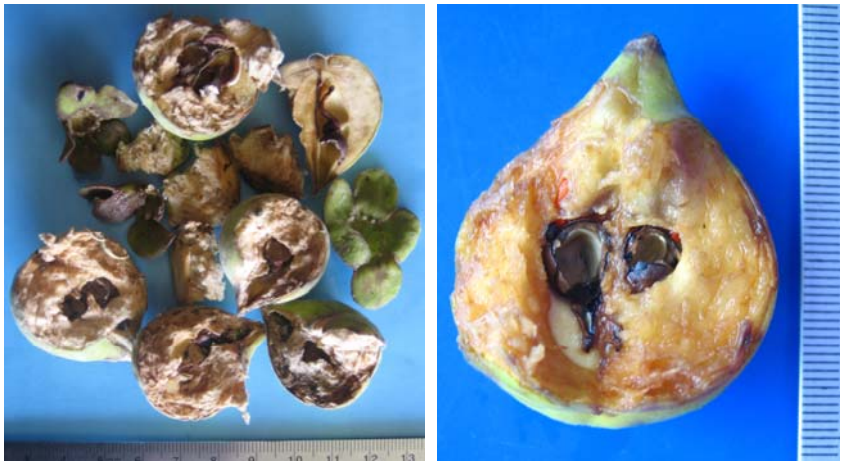


ภาพที่ 24 ลักษณะของดอกกฤษณาที่หนอนผีเสื้อทำลาย

จากภาพที่ 24 จะเห็นได้ว่าหนอนและดักแด้ของผีเสื้อจะอยู่ในดอกกฤษณาตั้งแต่ในระยะที่ดอกยังตูมอยู่ ซึ่งจากการสังเกตพบในพื้นที่ศึกษานี้จะเห็นดักแด้อยู่ในดอกระยะที่ 4-5 โดยดอกที่โดนทำลายและมีดักแด้อยู่ภายในนี้จะมีลักษณะลีบแบน เมื่อเปิดดูภายในก็จะพบว่าส่วนต่างๆ ภายในดอกถูกหนอนกัดกินไปหมดแล้วและจะพบแต่ดักแด้สีขาวลักษณะรูปวงรีขนาดเล็กอยู่ ส่วน

ดอกที่ถูกหนอนซึ่งยังไม่เข้าดักแด้ทำลายนี้บางดอกจะมีส่วนของกลีบเลี้ยงแผ่บานออกทำให้เห็นเหมือนกับดอกในระยะดอกบาน แต่เมื่อสังเกตภายในดอกก็จะพบว่าอับเรณูและยอดเกสรเพศเมียถูกกัดกินทำลายไปหมดแล้วเช่นกัน ซึ่งปัญหาของดอกที่ถูกทำลายเหล่านี้ควรที่จะมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงชนิดของผีเสื้อที่ทำลายดอก เพื่อจะได้นำไปใช้ในการวางแผนป้องกันการทำลายดอก

นอกจากกฤษณาจะมีค่าความสำเร็จของการสืบพันธุ์ (RS) ค่อนข้างต่ำ ซึ่งจะมีผลทำให้การสืบพันธุ์โดยอาศัยเมล็ดในสภาพป่าธรรมชาติมีปริมาณที่ค่อนข้างต่ำด้วยแล้ว อีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้กฤษณามีการแพร่กระจายของเมล็ดต่ำก็คือ ผลแก่ถูกสัตว์พวกกระรอก หนู และนกกัดกินเป็นอาหาร (ภาพที่ 25) ซึ่งตรงกับการรายงานของ Siripatanadilok *et al.* (1991) ที่พบว่า เมล็ดไม้กฤษณาในพื้นที่เขตอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ที่ร่วงหล่นจากต้นแม่นั้นเนื่องมาจากถูกสัตว์และแมลงกัดกินทำลาย



ภาพที่ 25 ผลแก่ของกฤษณาที่ถูกสัตว์พวกกระรอกทำลาย

จากค่าความสำเร็จของการสืบพันธุ์ (RS) ของกฤษณาที่ค่อนข้างต่ำนี้ จึงควรมีการศึกษาสาเหตุหลักที่เป็นผลให้ดอกและผลร่วงหล่นในช่วงก่อนหรือหลังการปฏิสนธิ ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาต่อไปเพื่อนำไปเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตของผลและเมล็ดของกฤษณาได้

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. กฤษณาที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติบนอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่เริ่มออกดอกตั้งแต่เดือนมีนาคมและทยอยบานไปจนถึงเดือนพฤษภาคม การพัฒนาของดอกจากระยะตาดอกถึงระยะดอกบานใช้เวลา 20-30 วัน ดอกที่ไม่ได้รับการผสมเกสรหรือผสมไม่ติดจะร่วงภายใน 5 วัน มีจำนวนดอกต่อช่อประมาณ 5-7 ดอก

2. ดอกกฤษณามีโครงสร้างดอกแบบสมบูรณ์ส่วน (complete flower) ที่ประกอบด้วย กลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมีย โดยมีกลีบเลี้ยงเชื่อมติดกันเป็นหลอดลักษณะเป็นรูปถ้วย กลีบดอกมี 10 กลีบ ลักษณะลดรูปคล้ายเกล็ดมีขนปกคลุมหนาแน่น เกสรเพศผู้มี 10 อัน เรณูมีขนาดเล็ก ประมาณ 20-25 ไมโครเมตร ยอดเกสรเพศเมียมีเซลล์ผิวยื่นขยายเป็นต่อม (glandular trichrome) รูปร่างคล้ายกระบอง (papillae) ที่ประกอบด้วยหลายเซลล์เรียงเป็นแถวเดียวแบบ multicellular uniseriate ก้านเกสรเพศเมียสั้นมาก รังไข่แบบเหนือวงกลีบ (superior ovary) ประกอบด้วยช่องว่าง (locule) จำนวน 2 ช่อง แต่ละช่องมี 1 ออวุล

3. ช่อดอกกฤษณาเป็นแบบซี่ร่ม (umbel) ดอกบานจากดอกที่อยู่ด้านนอกของช่อดอกไปสู่ดอกที่อยู่ข้างใน ดอกเริ่มบานตอนเย็นตั้งแต่ 16-19 น. แต่ส่วนมากบานเต็มที่เวลา 18 น. ดอกกฤษณามีเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียในดอกเดียวกันที่เจริญเต็มที่ไม่พร้อมกันเป็นแบบ protandry โดยมีอับเรณูแตกก่อนที่ยอดเกสรเพศเมียพร้อมรับการถ่ายเรณู ยอดเกสรเพศเมียเป็นแบบเปียก

4. ยอดเกสรเพศเมียของดอกกฤษณาพร้อมรับการผสมเกสร (receptive) ในช่วงระยะตั้งแต่ดอกเริ่มบาน คือ เวลาประมาณ 18 น. จนถึงช่วงหลังดอกบานอย่างน้อย 12 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 24 ชั่วโมง แต่ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการควบคุมการผสมเกสรมากที่สุด คือ ช่วงเวลาตั้งแต่ 18-21 น.

5. การพัฒนาของผลกฤษณาใช้ระยะเวลา 11 สัปดาห์ โดยเริ่มมีการติดผลตั้งแต่ต้นเดือนเมษายนจนถึงผลแก่ในช่วงปลายเดือนพฤษภาคม ผลเป็นแบบผลสดแตกกลางพู (fresh loculicidal capsule) รูปไข่กลับจนถึงกลม ขั้วผลมีกลีบเลี้ยงติดคงทนจำนวน 5 กลีบ ผลเมื่อแก่จะแตกออกเป็น

2 พู ขณะที่อยู่บนต้นและมีเมล็ดห้อยติดคาอยู่ที่ผลด้วยส่วนของรยางค์ (funiculus) เมล็ดของกฤษณามีจุกขั้วเมล็ด (caruncle) ติดอยู่สีน้ำตาลแดง

6. อัตราส่วนระหว่างเรณูต่อจำนวนออวุล (P/O ratio) ของกฤษณามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9,685.5 ± 92.80 มีระบบการผสมข้ามเป็นแบบ obligate xenogamy

7. ประสิทธิภาพการติดผลตามธรรมชาติอยู่ในเกณฑ์ต่ำ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.55-6.35 เปอร์เซ็นต์ และค่าความสำเร็จของการสืบพันธุ์ (RS) ค่อนข้างต่ำ คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.048

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาระบบสืบต่อพันธุ์ของกฤษณาในด้านอื่นๆ เช่น กลไกการถ่ายเรณู กลไกการป้องกันการผสมในตัวเอง เป็นต้น เพื่อที่จะสามารถระบุถึงระบบสืบต่อพันธุ์โดยละเอียดของดอกกฤษณาได้ นอกจากนี้ควรจะศึกษาโครงสร้างดอกกฤษณาในส่วนที่เป็นตัวช่วยต่อการดึงดูดตัวผสมเกสร เช่น ตำแหน่งของต่อมน้ำหวาน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่องานด้านการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

2. ควรมีการศึกษานิเวศวิทยาการผสมเกสรและสำรวจความหลากหลายของตัวผสมเกสรดอกกฤษณาเปรียบเทียบในพื้นที่ที่เป็นป่าธรรมชาติและสวนป่า เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการจัดการแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์

3. ควรศึกษาหาช่วงระยะเวลาที่ดอกกฤษณาพร้อมรับผสมเกสรมากที่สุด(peak receptivity) ด้วยวิธีการอื่นที่เหมาะสม โดยอาจจะทำการตรวจสอบการงอกของหลอดเรณูที่ผ่านเข้าไปในก้านชูเกสรเพศเมียในระยะเวลาที่ค่อนข้างละเอียด และอาจจะทำการศึกษาช่วงความมีชีวิตของเรณู (pollen viability) ร่วมด้วย

4. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการผสมเกสรแบบเปิดหรือปล่อยตามธรรมชาติ (open pollination) กับการควบคุมการผสมเกสร โดยใช้วิธีการแบบ hand pollination เพื่อหาประสิทธิภาพความสำเร็จในการผสมเกสร

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมป่าไม้. 2544. **คู่มือดูนกในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่**. ส่วนอุทยานแห่งชาติ สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช. 2548. **อุทยานแห่งชาติกับมรดกโลก**. แหล่งที่มา: http://www.dnp.go.th, 7 มิถุนายน 2550.

กองคุ้มครองพันธุ์พืช. 2550. **กฤษณากับอนุสัญญาไซเตส.** แหล่งที่มา: www.doa.go.th, 29 กุมภาพันธ์ 2551.

กองอุทยานแห่งชาติ. 2529. **แผนการจัดการอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ พ.ศ. 2530-2534.** กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

คณะวนศาสตร์. 2536. **ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ ข้อมูลพื้นฐานและการจัดการอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ เสนอต่อ กรมป่าไม้และคณะกรรมการนโยบายบริหารเขาใหญ่.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บุญชุบ บุญทวี. 2550. สถานการณ์ของไม้หอมและไม้สมุนไพรไทย. *ใน* **การสัมมนาวิชาการ เรื่อง วิกฤตไม้หอมและไม้สมุนไพรของไทย วันที่ 1 มิถุนายน 2550 ณ โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ กรุงเทพมหานคร.** สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, กรุงเทพฯ.

ประเสริฐ สอนสถาพรกุล และ สุวรรณ ตั้งมิตรเจริญ. 2535. กำเนิดและการพัฒนาของดอกกระถินเทพา. **วารสารวนศาสตร์** 11: 22-32.

พิมล เที่ยงธรรม. 2538. **การเพาะเลี้ยงกฤษณาในสภาพปลอดเชื้อ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภานุมาศ ลาดปาละ. 2543. **นิเวศวิทยาการสืบพันธุ์ของไม้ประดู่ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วนิดา สุบรรณเสณี. 2539. **ของป่าในประเทศไทย.** สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สมคิด สิริพัฒนดิลก. 2516. **การเจริญเปลี่ยนแปลงของดอกสัก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2525. ไม้กฤษณา. **เอกสารวิชาการเล่มที่** 17, ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้, คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. **สรีรวิทยาของพืช.** จามจุรีโปรดักท์, กรุงเทพฯ.

สรายุทธ บุณยะเวชชีวิน. 2538. การขยายพันธุ์ไม้กฤษณาโดยการตัดชำ. **วารสารวนศาสตร์** 14: 137-142.

ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน. 2542. **ระเบียบกรมป่าไม้ว่าด้วยการเบิกจ่ายโครงการส่งเสริมการปลูกไม้เศรษฐกิจ พ.ศ. 2542.** สำนักส่งเสริมการปลูกป่า, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สุดารัตน์ วิสุทธิเทพกุล, พิศาล วสุวานิช, สมหมาย นามสวาท และประเสริฐ สอนสถาพรกุล. 2542. การเจริญและพัฒนาการของดอกพะยูง. **วารสารวิชาการป่าไม้** 1: 1-11.

Baruah, J.N., R.K. Mathur, S.M. Jain and J.C.S. Kataky. 1982. Agarwood, pp. 662-667**.** *In* **Cultivation and Utilization of Aromatic Plants.** Regional Research Laboratory, Jammu-Tawi, India.

Beniwal, B.S. 1989. Silvical Characteristics of *Aquilaria agallocha* ROXB. **The Indian Forester** 115: 17-21.

Brown, W.H. 1957. **Useful Plants of the Philippines Vol.3.** Bureau of Printing, Manila, Philippines.

Burkill, I.H. 1966. **A Dictionary of the Economic Products of the Malay Peninsula Vol.1.** Art Printing Work, Kuala Lumpur, Malaysia.

Coombe, B.G. 1976. The Development of Freshy Fruits. **Ann. Rev. Plant Physiol** 27: 507-528.

Cruden, R.W. 1976. Pollen-Ovule Ratios: A Conservative Indicator of Breeding System in Flowering Plants. **Evolution** 31 (1): 32-46.

Eiadthong, W. 2007. *Aquilaria rugosa* (Thymelaeaceae); A New Record for Thailand. **The Thailand Natural History Museum** 2 (1): 63-66.

Erdtman, G. 1952. **Pollen Morphology and Plant Taxonomy: Angiosperms**. Almqvist & Wiksell Publishing, Stockholm, Sweden.

_____. 1969. **An Introduction to the Study of Pollen Grains and Spores**. Handbook of Palynology. Hafner Publishing, New York.

Gardner, S., P. Sidisunthorn and V . Anusarnsunthorn. 2000. **A Field Guide to Forest Trees on Northern Thailand.** Kobfai Publishing Project, Bangkok, Thailand.

Gianno, R. and K.M. Kochummen. 1981. Note on Some Minor Forest Products. **Malaysian Forest** 44 (4): 566-568.

Herber, B.E. 2002. Pollen Morphology of the Thymelaeaceae in Relation to Its Taxonomy. **Plant Systematics and Evolution** 232: 107-121.

Heslop-Harrison, Y. and K.R. Shivanna 1977. The Receptive Surface of the Angiosperm Stigma. **Annals of Botany** 41: 1233-1258.

Leopold, A.C. and P.E. Kricdemann. 1975. **Plant Growth and Development.** Tata McGraw Hill, New Delhi, India.

Manjunath, B.L. 1948. **The Weath of India, A Dictionary of Indian Raw Materials and Industrial Products.** Government of India Press, New Delhi, India.

Owen, J.N. 1994. Constraints to Seed Production in Tropical Forest Trees. *In* **Proceedings of the International Symposium on Genetic Conservation and Production of Tropical Forest Tree Seed.** Chiangmai, Thailand.

_____ , P. Sornsathapornkul and S. Tangmitcharoen. 1991. **Studying Flowering and Seed Ontogeny in Tropical Forest Trees.** ASEAN Forest Trees Seed Centre Project, Muak-Lek, Saraburi, Thailand.

Perry, L.M. 1980. **Medicinal Plants of East and Southeast Asia Attributed Properties and Uses.** The MIT Press, Massachusetts.

Rao, P.S. and K. Bhatia. 1959. The Indigenous Agar Oil Industry of Assam and Suggestions for Its Improvement. **Indian Forester** 85: 51-55.

Rao, P.S., K. Bhatia and T.C. Pathak. 1961. Utilization of "Exhausted" Agarwood in the Manufacture of Agarbatties. **Indian Forester** 85: 551-552.

Rathcke, B.J. 1989. Competition and Facilitation among Plants for Pollination, pp. 305-329. *In* **Pollination Biology.** Academic Press, New York.

Santisuk, T. 2007. Taxonomy, Geography and Ecology of *Aquilaria* Lamk. (Thymelaeaceae: Aquilarioideae) in Continental Asia. *In* **Second International Agarwood Conference March 5–6, 2007.** Bangkok, Thailand.

_____ and K. Larsen. 1997. **Flora of Thailand Vol.6 Part 3.** Diamond Printing CO. LTD, Thailand.

Secoy, D.M. and A.E. Smith. 1983. Use of Plants in Control of Agricultural and Domestic Pests. **Economic Botany** 37: 28-57.

Siripatanadilok, S., A. Chalermpongse and S. Sangthongpraow. 1991. **Utilization and Propagation of Agarwood Trees (*Aquilaria* spp.).** Final Report. Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand.

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

Stephenson, A.G. 1981. Flower and Fruit Abortion : Proximate Causes and Ultimate Functions. **Annual Review of Ecology and Systematics** 12: 253-279.

Tybrirk, K.1993. Pollination, Breeding System and Seed Abortion in Some African Acacias. **Botanical Journal of the Linnean Society** 112: 107-137.

Wiens, K., C.L. Calvin, C.A. Wilson, C.I. Cavem, D. Frank and S.R. Seavey. 1987. Reproductive Success, Spontaneous Embryo Abortion and Genetic Load in Flowering Plants. **Oecologia** 71: 501-509.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 จำนวนละอองเรณูต่ออับเรณู

ต้นที่	อับเรณู	จำนวนละอองเรณูต่ออับเรณูในดอกต่างๆ									
	ที่สุ่ม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	**1**	1814	1674	1756	1689	2172	2186	1651	1626	2081	2068
	2	1998	2180	1911	1809	1711	1637	2371	2081	1732	1776
	3	2128	1877	1949	1886	1920	1948	1856	1788	1961	1949
	4	1822	1682	2213	1976	1939	1880	1750	1726	1720	1783
	5	1716	1773	1863	1659	2005	1954	2276	2062	1941	1855
	mean	**1895.6**	**1837.2**	**1938.4**	**1803.8**	**1949.4**	**1921.0**	**1980.8**	**1856.6**	**1887.0**	**1886.2**
	SE	**16.49**	**20.85**	**16.97**	**13.28**	**16.62**	**19.65**	**32.29**	**20.46**	**15.65**	**12.33**
3	**1**	1883	1994	1875	2095	2040	2105	1927	1998	1879	2022
	2	1885	1900	1848	2147	1936	1837	1929	1844	1892	1946
	3	2042	2265	1957	1796	2187	2160	2309	1979	1793	1834
	4	1900	2014	2114	2118	1728	1778	2087	1999	1884	2200
	5	2138	1914	2146	1944	1783	2035	1979	1975	1918	1972
	mean	**1969.6**	**2017.4**	**1988.0**	**2020.0**	**1934.8**	**1983.0**	**2046.2**	**1959.0**	**1873.2**	**1994.8**
	SE	**11.52**	**14.69**	**13.62**	**14.77**	**18.74**	**16.75**	**16.06**	**6.52**	**4.73**	**13.38**

ตารางผนวกที่ 2 ประสิทธิภาพการติดผลตามธรรมชาติ (Fruit set efficiency)

ช่อที่	ต้นที่ 1			ต้นที่ 2			ต้นที่ 3		
	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)
1	9	0	0	9	0	0	5	2	40.00
2	7	0	0	11	0	0	5	0	0
3	7	0	0	9	0	0	6	2	33.33
4	7	0	0	9	0	0	6	0	0
5	9	1	11.11	8	1	12.50	6	1	16.67
6	7	0	0	9	0	0	5	0	0
7	6	0	0	7	0	0	4	1	25.00
8	6	0	0	7	0	0	3	0	0
9	6	0	0	8	0	0	6	0	0
10	8	0	0	9	2	22.22	5	0	0
11	8	0	0	13	0	0	3	0	0
12	7	0	0	8	0	0	5	2	40.00
13	7	0	0	9	0	0	5	0	0
14	7	0	0	8	0	0	5	0	0
15	7	1	14.29	10	0	0	3	0	0
16	16	1	6.25	9	0	0	5	0	0
17	5	0	0	10	0	0	4	0	0
18	8	0	0	11	0	0	2	0	0
19	8	1	12.50	8	0	0	6	1	16.67
20	7	0	0	10	0	0	6	0	0
21	8	0	0	11	0	0	5	1	20.00
22	5	0	0	15	0	0	3	0	0
23	7	0	0	12	1	8.33	6	0	0
24	6	0	0	11	3	27.27	5	0	0
25	7	1	14.29	8	0	0	6	2	33.33

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ช่อที่	ต้นที่ 1			ต้นที่ 2			ต้นที่ 3		
	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)
26	9	0	0	8	1	12.50	5	0	0
27	7	1	14.29	6	0	0	5	0	0
28	5	0	0	11	2	18.18	3	0	0
29	8	0	0	8	0	0	6	0	0
30	8	0	0	8	0	0	5	1	20.00
31	7	0	0	7	0	0	6	1	16.67
32	4	0	0	10	0	0	4	1	25.00
33	7	0	0	8	0	0	6	0	0
34	7	1	14.29	6	0	0	5	1	20.00
35	8	0	0	8	0	0	4	0	0
36	7	0	0	6	0	0	6	0	0
37	8	0	0	9	0	0	4	0	0
38	8	0	0	9	0	0	3	0	0
39	9	0	0	10	0	0	6	0	0
40	8	0	0	6	0	0	5	1	20.00
41	9	0	0	5	0	0	5	0	0
42	9	0	0	4	0	0	6	1	16.67
43	7	0	0	7	0	0	6	0	0
44	8	0	0	8	1	12.50	6	0	0
45	8	0	0	5	0	0	6	0	0
46	7	0	0	6	1	16.67	6	0	0
47	9	0	0	7	0	0	5	0	0
48	10	0	0	5	0	0	3	0	0
49	10	0	0	7	0	0	5	1	20.00
50	5	0	0	10	1	10.00	4	0	0

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ช่อที่	ต้นที่ 1			ต้นที่ 2			ต้นที่ 3		
	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)
51	6	0	0	8	2	25.00	5	1	20.00
52	4	0	0	8	0	0	5	0	0
53	7	1	14.29	5	0	0	5	0	0
54	6	0	0	4	0	0	5	0	0
55	6	0	0	6	0	0	5	1	20.00
56	5	1	20.00	10	0	0	3	0	0
57	6	1	16.67	9	0	0	5	2	40.00
58	4	0	0	7	0	0	5	0	0
59	7	0	0	7	1	14.29	5	1	20.00
60	6	0	0	6	0	0	5	0	0
61	6	0	0	9	0	0	5	0	0
62	5	0	0	6	0	0	5	0	0
63	6	0	0	9	1	11.11	6	0	0
64	6	0	0	3	0	0	4	2	50.00
65	6	0	0	10	1	10.00	6	1	16.67
66	5	0	0	8	2	25.00	6	0	0
67	6	0	0	6	0	0	6	0	0
68	7	0	0	5	0	0	6	0	0
69	6	0	0	4	0	0	6	1	16.67
70	7	0	0	7	0	0	6	1	16.67
71	6	0	0	10	0	0	6	1	16.67
72	6	0	0	9	0	0	4	0	0
73	7	0	0	3	0	0	6	1	16.67
74	8	0	0	11	0	0	6	0	0
75	7	0	0	10	2	20.00	6	1	16.67

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ช่อที่	ต้นที่ 1			ต้นที่ 2			ต้นที่ 3		
	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)
76	6	0	0	10	0	0	6	1	16.67
77	7	0	0	4	0	0	5	0	0
78	6	0	0	8	0	0	6	0	0
79	7	0	0	3	1	33.33	5	1	20.00
80	6	0	0	4	0	0	5	0	0
81	6	0	0	5	0	0	4	0	0
82	7	0	0	3	0	0	4	1	25.00
83	6	1	16.67	2	0	0	4	0	0
84	5	0	0	3	1	33.33	4	0	0
85	5	0	0	5	1	20.00	4	1	25.00
86	7	0	0	4	0	0	5	0	0
87	6	1	16.67	4	0	0	4	0	0
88	5	0	0	5	0	0	6	0	0
89	7	0	0	4	0	0	5	0	0
90	6	0	0	7	0	0	5	0	0
91	7	0	0	7	2	28.57	4	0	0
92	5	0	0	4	0	0	5	0	0
93	6	0	0	8	0	0	4	0	0
94	6	0	0	9	0	0	4	0	0
95	6	0	0	4	0	0	5	0	0
96	5	0	0	5	0	0	5	0	0
97	4	0	0	4	0	0	6	0	0
98	8	0	0	7	1	14.29	6	1	16.67
99	6	0	0	5	0	0	5	0	0
100	8	0	0	5	0	0	6	0	0

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ช่อที่	ต้นที่ 1			ต้นที่ 2			ต้นที่ 3		
	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)
101	7	0	0	5	0	0	6	1	16.67
102	10	0	0	4	0	0	5	0	0
103	9	0	0	3	0	0	6	0	0
104	9	0	0	6	0	0	5	0	0
105	8	0	0	5	0	0	6	0	0
106	9	1	11.11	8	0	0	6	0	0
107	8	0	0	4	1	25.00	5	0	0
108	7.00	0	0	4	0	0	6	0	0
109	6	0	0	3	0	0	6	1	16.67
110	9	0	0	3	0	0	6	1	16.67
111	8	0	0	9	1	11.11	6	0	0
112	8	0	0	7	0	0	6	0	0
113	7	0	0	10	1	10.00	6	0	0
114	6	0	0	8	1	12.50	6	1	16.67
115	5	0	0	9	1	11.11	5	1	20.00
116	12	1	8.33	2	0	0	5	2	40.00
117	7	0	0	8	1	12.50	6	1	16.67
118	10	0	0	4	0	0	5	0	0
119	5	0	0	11	1	9.09	6	0	0
120	7	1	14.29	8	0	0	6	0	0
121	6	1	16.67	6	0	0	6	1	16.67
122	6	1	16.67	2	1	50.00	6	0	0
123	6	2	33.33	5	0	0	4	2	50.00
124	6	0	0	4	0	0	6	0	0
125	6	1	16.67	4	1	25.00	5	0	0

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ช่อที่	ต้นที่ 1			ต้นที่ 2			ต้นที่ 3		
	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)
126	7	0	0	7	1	14.29	5	0	0
127	6	0	0	4	0	0	5	0	0
128	6	2	33.33	6	0	0	3	0	0
129	8	0	0	6	0	0	5	0	0
130	7	0	0	7	1	14.29	7	0	0
131	7	0	0	8	0	0	6	0	0
132	10	0	0	3	3	100.00	5	0	0
133	8	0	0	10	1	10.00	4	0	0
134	8	2	25.00	8	1	12.50	6	0	0
135	7	0	0	8	0	0	5	0	0
136	10	0	0	3	0	0	4	0	0
137	8	1	12.50	5	0	0	6	0	0
138	11	0	0	4	0	0	6	1	16.67
139	9	0	0	7	0	0	6	0	0
140	9	0	0	2	0	0	5	1	20.00
141	6	1	16.67	10	0	0	6	0	0
142	6	0	0	7	0	0	4	0	0
143	6	0	0	4	0	0	5	0	0
144	7	1	14.29	6	0	0	5	0	0
145	7	0	0	1	0	0	6	0	0
146	6	0	0	3	0	0	6	0	0
147	7	0	0	3	0	0	5	0	0
148	6	0	0	6	1	16.67	5	0	0
149	6	0	0	7	0	0	5	0	0
150	7	1	14.29	8	0	0	5	0	0

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ช่อที่	ต้นที่ 1			ต้นที่ 2			ต้นที่ 3		
	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)
151	9	0	0	3	0	0	6	0	0
152	9	1	11.11	5	1	20.00	5	0	0
153	9	0	0	6	0	0	5	0	0
154	7	0	0	2	0	0	5	0	0
155	9	0	0	3	0	0	5	0	0
156	7	0	0	6	0	0	6	0	0
157	11	0	0	5	0	0	6	0	0
158	7	0	0	7	0	0	5	0	0
159	9	0	0	3	2	66.67	6	0	0
160	9	1	11.11	8	0	0	7	0	0
161	6	1	16.67	4	1	25.00	6	0	0
162	7	1	14.29	6	0	0	6	0	0
163	7	1	14.29	10	1	10.00	6	0	0
164	8	0	0	7	1	14.29	6	0	0
165	7	0	0	6	2	33.33	6	0	0
166	7	0	0	7	1	14.29	6	0	0
167	8	0	0	9	1	11.11	5	1	20.00
168	8	0	0	7	0	0	5	0	0
169	6	0	0	3	0	0	5	0	0
170	7	0	0	4	0	0	5	0	0
171	6	0	0	4	0	0	6	1	16.67
172	7	0	0	3	0	0	5	0	0
173	7	0	0	2	0	0	7	0	0
174	7	1	14.29	2	0	0	5	0	0
175	6	0	0	3	0	0	6	0	0

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ช่อที่	ต้นที่ 1			ต้นที่ 2			ต้นที่ 3		
	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)	จำนวนดอกต่อช่อ	จำนวนผลอ่อนต่อช่อ	ประสิทธิภาพการติดผล (%)
176	6	1	16.67	3	2	66.67	5	0	0
177	6	0	0	6	1	16.67	6	1	16.67
178	7	0	0	2	0	0	6	0	0
179	7	2	28.57	5	0	0	6	0	0
180	8	1	12.50	5	0	0	6	0	0
181	7	0	0	7	0	0	6	0	0
182	6	0	0	7	0	0	6	0	0
183	9	0	0	6	0	0	6	2	33.33
184	7	0	0	7	0	0	6	0	0
185	6	2	33.33	3	0	0	6	0	0
186	6	1	16.67	3	1	33.33	6	0	0
187	6	0	0	4	0	0	5	1	20.00
188	8	3	37.50	6	2	33.33	6	1	16.67
189	7	0	0	12	1	8.33	4	0	0
190	6	0	0	5	2	40.00	7	1	14.29
191	8	2	25.00	5	0	0	6	2	33.33
192	6	0	0	8	0	0	6	1	16.67
193	8	3	37.50	7	1	14.29	5	1	20.00
194	6	0	0	10	0	0	6	2	33.33
195	6	0	0	7	0	0	6	0	0
196	7	0	0	5	0	0	6	1	16.67
197	8	0	0	6	1	16.67	5	0	0
198	6	1	16.67	3	0	0	6	0	0
199	6	0	0	9	1	11.11	6	2	33.33
200	7	0	0	5	2	40.00	6	1	16.67
$\bar{x}$	**7.07**	**0.25**	**3.55**	**6.44**	**0.35**	**5.92**	**5.28**	**0.34**	**6.35**
SE	**0.48**	**0.18**	**2.50**	**0.83**	**0.20**	**4.17**	**0.28**	**0.19**	**3.56**