นิพนธ์ต้นฉบับ

ชีววิทยาการผสมเกสรของแคสันติสุข

Pollination Biology of *Santisukia kerrii* (Barnett & Sandwith) Brummitt

วราภรณ์ จันทบูรณ์[1]
วัฒนชัย ตาเสน[1*]
สุธีร์ ดวงใจ[1]
ยุทธนา ทองบุญเกื้อ[2]

Varaporn Chantaboon[1]
Wattanachai Tasen[1*]
Sutee Duangjai[1]
Yutthana Thongboonkuea[2]

[1]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, 10900 Thailand
[2]วนอุทยานถ้ำเพชร-ถ้ำทอง กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และ พันธุ์พืช
Thampet-Thamthong Forest Park, Department of National Park, Wildlife and Plant Conservation
*Corresponding Author, E-mail: fforwct@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 8 ตุลาคม 2558 รับลงพิมพ์ 3 ธันวาคม 2558

ABSTRACT

The study on Pollination Biology of *Santisukia kerrii* (Barnett & Sandwith) Brummitt was investigated at Thampet-Thamthong Forest Park, Nakhon Sawan province, during January 2013 to March 2015. Floral biology development of flower and fruit, reproductive systems, fruit set and reproductive success were objectives. The flowers of *S. kerrii* generally start early December to March. Flower buds develop to maturity of inflorescences within four weeks and non-pollinated flowers fall within three weeks. *S. kerrii* flower was perfect flower, inflorescence was a thyrse type. The anthesis began from 04.00 am and peak of blooming at 07.00 am. The flowers are weakly protandrous. The receptive period of stigma was 3 to 12 hours after anthesis. The fruit development from flower anthesis to fruits mature took approximately 9 weeks. The P/O ratio (111.77 ± 0.20) was classified as facultative autogamy. Only treatment of cross hand-pollination and opened-pollination flowers set fruit and reproductive success appears low (0.013). This results indicates that *S. kerrii* flowers are self-incompatible and required pollinators.

Keywords: Limestone mountain, *Santisukia kerrii* Pollination Biology, Pollination, Reproductive success

บทคัดย่อ

การศึกษาชีววิทยาการผสมเกสรของแคสันติสุข เก็บข้อมูลบริเวณวนอุทยานถ้ำเพชร-ถ้ำทอง จังหวัดนครสวรรค์ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2558 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาของ

ดอกและผล ระบบการผสมพันธุ์ การติดผลและค่าความสำเร็จการสืบพันธุ์ของแคสันติสุข จากการศึกษาพบว่า แคสันติสุขเริ่มออกดอกตั้งแต่ต้นเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคม การพัฒนาของดอกจะเกิดจากตาดอกจนถึงดอกบาน ใช้เวลาประมาณ 4 สัปดาห์ ดอกที่ไม่ได้รับการผสมหรือผสมไม่ติด จะร่วงไปภายในเวลา 3 สัปดาห์ ดอกย่อยเป็นดอกแบบสมบูรณ์เพศ ช่อดอกแบบช่อกระจุกแยกแขนง ดอกบานตั้งแต่เวลา 04.00 น. และจะบานเต็มที่เวลา 07.00 น. เกสรต่างเพศในดอกเดียวกันแก่ไม่พร้อมกัน คือเกสรเพศผู้แก่ก่อนเกสรเพศเมีย (protendry) ช่วงเวลาที่ยอดเกสรเพศเมียพร้อมรับเรณู คือตั้งแต่หลังดอกบาน 3 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 12 ชั่วโมง ระยะเวลาการพัฒนาผลของแคสันติสุขตั้งแต่หลังดอกบานจนถึงผลสุกใช้เวลาประมาณ 9 สัปดาห์ โดยค่าเรณูต่อออวุล (P/O ratio) ของแคสันติสุขมีค่าเท่ากับ 111.77 ± 0.20 ซึ่งจัดอยู่ในลักษณะการผสมข้ามต่ำมีแนวโน้มผสมพันธุ์ในตัวเอง(facultative autogamy) ส่วนการศึกษาการติดผลของแคสันติสุขพบติดผลเฉพาะในวิธีการใช้มือช่วยผสมแบบข้ามต้น (cross hand-pollination) และการผสมแบบเปิด (opened pollination) ทั้งนี้เมื่อวิเคราะห์ค่าความสำเร็จของการสืบพันธุ์พบว่ามีค่าต่ำ (0.013) แสดงให้เห็นว่าแคสันติสุขมีระบบผสมพันธุ์แบบผสมข้าม จัดเป็นพืชที่ต้องการพาหะช่วยในการผสมเกสร

คำสำคัญ: เขาหินปูน แคสันติสุข ชีววิทยาของดอก การผสมเกสร ความสำเร็จการสืบพันธุ์

คำนำ

แคสันติสุขเป็นพืชถิ่นเดียวของไทย (endemic species) ที่พบบนพื้นที่เขาหินปูนและรายงานพบเฉพาะในประเทศไทยเท่านั้น ซึ่งพบได้เฉพาะ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่จังหวัดขอนแก่น ภาคเหนือตอนล่างที่จังหวัดนครสวรรค์ และภาคกลางที่จังหวัดสระบุรี โดยพบขึ้นกระจายอยู่บนเขาหินปูนเตี้ยๆ และแห้งแล้ง (Santisuk, 1987) พรรณไม้ในสกุลแคสันติสุข (*Santisukia* Brummitt) มีเพียงสองชนิด คือ กาญจนิการ์ (*Santisukia pagettii*) และแคสันติสุข (*S. kerrii*) ซึ่งอยู่ในวงศ์แค (Bignoniaceae) โดยแคสันติสุขนั้น ยังไม่เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวาง ซึ่งนอกเหนือไปจากนี้ยังพบขึ้นกระจายห่างๆ และกล้าไม้มีจำนวนค่อนข้างน้อย เนื่องจากอยู่ในระบบนิเวศที่มีปัจจัยแวดล้อมค่อนข้างจำกัด และ IUCN (2001) ได้จัดให้เป็นชนิดที่มีสถานภาพ มีแนวโน้มใกล้สูญพันธุ์ (Vulnerable) จึงอาจจะเป็นไปได้ว่าในอนาคตอันใกล้อาจมีความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ในธรรมชาติ และควรหาแนวทางในการอนุรักษ์และเพิ่มจำนวนประชากรของพันธุ์ไม้ชนิดนี้ แต่เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นยังไม่พบการศึกษาเกี่ยวกับระบบการสืบพันธุ์ของแคสันติสุข การศึกษาทางด้านชีววิทยาของดอกและระบบการสืบพันธุ์จึงถือได้ว่ามีความจำเป็นอย่างมาก ในการวางแผนการอนุรักษ์พันธุ์ไม้ชนิดนี้

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชีพลักษณ์การออกดอก ระบบสืบพันธุ์ การผสมเกสร การติดผล รวมถึงค่าความสำเร็จในการสืบพันธุ์ โดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถทำให้เข้าใจถึงระบบการสืบพันธุ์ของแคสันติสุขเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาต่อยอดในการศึกษาวิจัยถึงประโยชน์ในด้านอื่นๆ ที่ยังไม่มีการศึกษาต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาต้นแคสันติสุขในพื้นที่เขาหินปูน บริเวณ วนอุทยานถ้ำเพชร-ถ้ำทอง จังหวัดนครสวรรค์ ระดับความสูงจากน้ำทะเลประมาณ 100-375 เมตร ทำการศึกษาจำนวน 17 ต้น แบ่งการศึกษาเป็น 3 ส่วน คือ ชีววิทยาของดอก การประเมินระบบการผสมข้าม การติดผลและค่าความสำเร็จของการสืบพันธุ์ โดยทำการศึกษาในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2558 โดยมีอุปกรณ์และวิธีการดังนี้

ชีพลักษณ์และการพัฒนาของดอกและผล

ศึกษาชีพลักษณ์การออกดอก (flowering phenology) โดยสุ่ม ช่อดอก 20 ช่อ จากจำนวน 5 ต้น เพื่อการเฝ้าสังเกตและศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ระยะตาดอก ช่อดอก จนกระทั่งดอกบาน บันทึกการเปลี่ยนแปลงของส่วนต่างๆ ของดอก ได้แก่ กลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรเพศผู้และเกสรเพศเมีย และศึกษาช่วงเวลาการผสมเกสร โดยพิจารณาจากการแตกของอับเรณู (anther dehiscence) และความพร้อมของยอดเกสรเพศเมีย (stigma receptive) โดยบันทึกตั้งแต่ 1 วันก่อนดอกบาน จนถึงหลังดอกบาน 48 ชั่วโมง และศึกษาการติดผล จนถึงผลแก่ โดยบันทึกการเปลี่ยนแปลงทุกสัปดาห์ รวมทั้งศึกษาลักษณะสัณฐานของอับเรณูและเรณู โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning electron microscope; SEM)

รูปแบบการผสมพันธุ์และค่าความสำเร็จการสืบพันธุ์ (Breeding System and Reproductive Success)

1. รูปแบบการผสมพันธุ์ (Breeding System)

ศึกษารูปแบบการผสมพันธุ์ โดยการประเมินระบบผสมข้ามและการติดผล โดยมีวิธีการดังนี้

1.1 การประเมินระบบผสมข้าม (Pollen-ovule ratio) ตรวจนับจำนวนเรณูที่อยู่ในอับเรณูด้วยกล้องจุลทรรศน์จากอับเรณูของดอกทั้งหมด 20 ดอกจากจำนวน 2 ต้น (ต้นละ 10 ดอก โดยการสุ่ม) นับจำนวนเรณูต่อดอก (Pollen; P) และจำนวนออวุลต่อดอก (Ovule; O) โดยการประเมินระบบผสมพันธุ์ (breeding system) หาได้จากค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนเรณูต่อจำนวนออวุล (P/O ratio) ซึ่งคำนวณจากวิธีการของ Cruden (1977)

P/O ratio = จำนวนเรณูต่อดอก (P) / จำนวนออวุลต่อดอก (O)

1.2 การติดผล (Fruit set) ศึกษาการติดผลจากต้นแคสันติสุขจำนวน 15 ต้น โดยใช้ 4 วิธีการ ได้แก่

1) การใช้มือช่วยผสมแบบข้ามต้น (cross hand-pollination) โดยทำการเลือกช่อดอก จากนั้นก็ตัดเกสรเพศผู้ออก (emasculation) ก่อนดอกบาน แล้วคลุมด้วยถุงคลุมช่อดอก เมื่อถึงเวลาที่เกสรเพศเมียพร้อมรับเรณู เปิดถุงออกชั่วคราวเพื่อผสมเกสร โดยการใช้พู่กันป้ายเรณูที่เก็บมาจากต้นอื่นถูไปมาบนยอดเกสรเพศเมีย คลุมดอกไว้เช่นเดิม

2) การใช้มือช่วยผสมในตัวเอง (self hand-pollination) ทำการเลือกช่อดอกที่พร้อมจะบานผูกด้ายสีเพื่อทำเครื่องหมายไว้คลุมด้วยถุงคลุมช่อดอกเมื่อถึงเวลาที่เกสรเพศเมียพร้อมรับเรณูเปิดถุงออกชั่วคราวเพื่อผสมเกสร โดยการใช้พู่กันป้ายเรณูที่เก็บมาจากดอกเดียวกันหรือดอกในต้นเดียวถูไปมาบนยอดเกสรเพศเมีย ดอกจากนั้นคลุมถุงไว้เช่นเดิม

3) การผสมแบบเปิด (opened-pollination) เป็นการผสมเกสรโดยปล่อยให้เป็นไปตามธรรมชาติ โดยทำเครื่องหมายไว้ที่ช่อดอกที่ไม่มีร่องรอยของการบาน

4) การผสมเกสรแบบควบคุม (controlled-pollination) ทำการเลือกช่อดอกผูกด้ายสีเพื่อทำเครื่องหมายไว้ที่ดอกจากนั้นคลุมด้วยถุงคลุมดอกเพื่อไม่ให้เรณูอื่นเข้าไปปนเปื้อน จากการสุ่มช่อดอกจำนวน 20 ช่อ ที่ไม่มีร่องรอยของการบาน สังเกตการติดผลจนกระทั่งดอกสุดท้ายของช่อดอกเหี่ยวแห้งลง บันทึกการติดผลจากนั้นปล่อยทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ แล้วบันทึกติดผลเปรียบเทียบในแต่ละวิธี

ความสำเร็จของการสืบพันธุ์ (Reproductive Success)

การศึกษาค่าความสำเร็จของการสืบพันธุ์ (Reproductive Success: RS) ใช้จำนวนดอกย่อยต่อช่อ (Floret; Fl) จากช่อดอกจำนวน 10 ช่อต่อต้นจำนวน 5 ต้นและทำการสุ่มดอกย่อยเพิ่มอีกจำนวน 10 ดอกต่อต้นเพื่อนำรังไข่มาผ่าเพื่อตรวจนับจำนวนออวุลต่อดอก (O) เมื่อถึงช่วงที่มีผลแก่เต็มที่ทำการตรวจนับจำนวนผลแก่โดยทำการสุ่มเลือกผลแก่มาจำนวน 4 ผลต่อต้น จำนวน 5 ต้น เพื่อตรวจนับจำนวนเมล็ดที่แก่ต่อผล (Seed; S) แล้วนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความสำเร็จ

ของการสืบพันธุ์ (Reproductive Success: RS) ตามสูตรของ Wiens *et al.* (1987) ดังนี้

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

โดยค่าดัชนี RS = 1 หมายถึงดอกทุกดอกภายในช่อดอกพัฒนาไปเป็นผลทั้งหมดและออวุลทุกออวุลของดอกพัฒนาไปเป็นเมล็ดที่สมบูรณ์

ผลและวิจารณ์

ชีพลักษณ์การออกดอก และการพัฒนาของดอกและผลแคสันติสุข

1. ชีพลักษณ์การออกดอก (flowering phenology)

จากการเก็บข้อมูลการออกดอก จำนวน 5 ต้น ที่วนอุทยานถ้ำเพชร-ถ้ำทอง จังหวัดนครสวรรค์ พบว่าแคสันติสุขเริ่มออกดอกตั้งแต่ปลายเดือนธันวาคมและทยอยบานไปถึงกลางเดือนมีนาคม ดอกเกิดจากตายอด (terminal bud) ขนาด 2 มิลลิเมตร พัฒนา ถึงระยะดอกและบาน ใช้เวลาประมาณ 4 สัปดาห์ ช่อดอก เป็นแบบช่อกระจุกแยกแขนง (thyrse) คือมีลักษณะเป็นช่อแขนงเรียงเป็นวงรอบแกนกลางช่อดอก ข้อละ 3 ช่อ ในแต่ละช่อดอกที่เจริญเต็มที่ ส่วนใหญ่ดอกบานทุกวัน การบานของดอกเริ่มจากดอกที่แก่ก่อนคือด้านล่างสู่ด้านบนช่อดอก โดยบานครั้งละ 1-3 ดอก และดอกที่ไม่ได้รับการผสมเกสร (lack of pollination) หรือผสมไม่ติด (incompatibility) จะร่วงภายใน 14 วัน จำนวนดอกย่อย (floret) 11-121 ดอกต่อช่อ หรือมีค่าเฉลี่ย 41.26 ± 3.12 ดอกย่อยต่อช่อ

2. สัณฐานวิทยาของดอกแคสันติสุข (floral morphology)

ลักษณะดอกย่อยของแคสันติสุขเป็นดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) สมมาตรของดอกเป็นแบบดอกสมมาตรด้านข้าง (irregular flower) ดอกย่อยเป็นดอกรูปปากเปิด (Figure 1)ความยาวของดอก 3.5 – 4 เซนติเมตร ก้านดอกย่อย (peduncle) ยาว 1-1.3 ซม. ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ วงกลีบเลี้ยง (calyx) วงกลีบดอก (corolla) เกสรเพศผู้ (androecium) และเกสรเพศเมีย (gynoecium)

วงกลีบเลี้ยงมีสีเขียวเชื่อมต่อกันเป็นหลอด ปลายแยกเป็น 3-5 แฉก ขนาดไม่เท่ากัน ด้านนอกมีขนสีน้ำตาลกระจายห่างๆ ทั่วกลีบ เมื่อดอกบานเต็มที่ปลายกลีบเลี้ยงแผ่ออก โคนกลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นหลอด ปลายกลีบดอกผายออกคล้ายรูประฆัง (campanulate) แยกเป็น 5 แฉก ครึ่งบน 2 แฉก ครึ่งล่าง 3 แฉก หลอดกลีบดอกสีขาวหรือสีขาวแกมชมพู แฉกกลีบดอกมีลักษณะย่น สีชมพู หรือสีชมพูอมม่วง ภายในหลอดกลีบดอกมีแต้มสีชมพู (Figure 2)

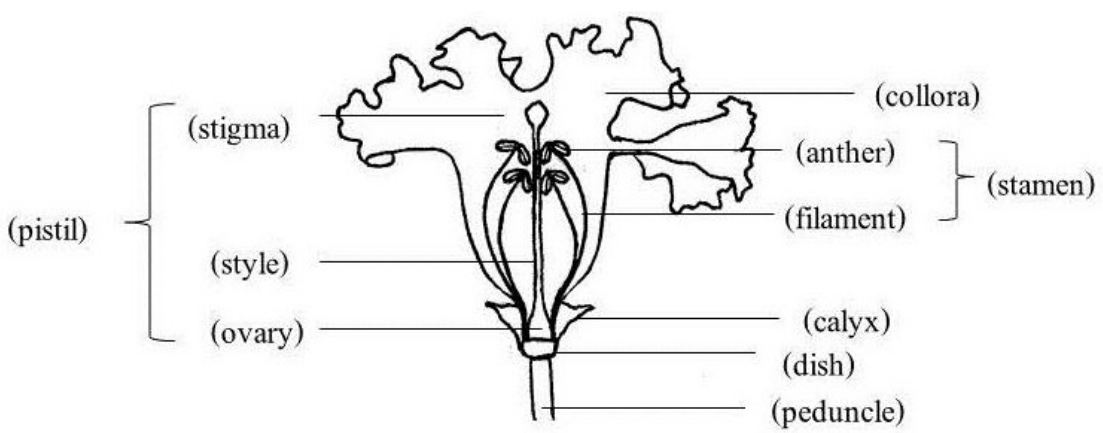

Figure 1 Floral Diagram of *Santisukia kerrii* (Barnett & Sandwith) Brummitt.

Figure 2 Characteristic of *Santisukia kerrii* (Barnett & Sandwith) Brummitt flowers A) side view, B) top view.

วงเกสรเพศผู้ ประกอบด้วยเกสรเพศผู้ มี 4 อับเรณู ที่เชื่อมติดกับส่วนล่างสุดของหลอดกลีบดอก โดยแบ่งเป็น 2 คู่ ที่ยาวไม่เท่ากัน (didynamous) อับเรณูมีรูปร่างขอบขนาน สีขาว ก้านชูอับเรณูมีสีชมพูเข้ม โดยหันรอยแตกเข้าด้านใน (introse) ประกอบด้วย 2 พู ซึ่งแต่ละพู ประกอบด้วย 1 ห้อง (chamber) แต่ละอับเรณูมีเรณูประมาณ 5,028.03 ± 98.53 เรณู หรือประมาณ 20,112.2 ± 78.70 เรณูต่อดอก ก้านชูติดอับเรณูที่ปลายด้านหนึ่งของอับเรณู (basifixed) มีความยาวคู่ยาวประมาณ 3.51 ± 0.04 ซม. คู่สั้นมีขนาดความยาวประมาณ 2.93 ± 0.02 เรณูเป็นเรณูเดี่ยว สมมาตรด้านข้าง (bilateral) เรณูแคสันติสุข มีขั้วเหมือน (isopolar) รูปทรงกลม (spheroidal) มีช่องเปิดเป็นร่องยาว 3 ช่อง (3-colpate) แกนระหว่างขั้วยาว 27-35 ไมครอน แกนตามแนวศูนย์สูตรยาว 25-30 ไมครอน เมื่อจัดชั้นของเรณูตาม Ruksat (1991) เป็นเรณูขนาดกลาง และผนังเรณู มีลายแบบร่างแห (reticulate) (Figure 3) ซึ่งจากการศึกษาเรณูของพืชวงศ์แค (Bignoniaceae) ของไทย 10 ชนิด พบว่าลวดลายบนผนังเรณูแคสันติสุข และขนาดเรณู ใกล้เคียงกับเรณูปีบ (*Millingtonia hortensis*) (Saensouk and Saensouk, 2011)

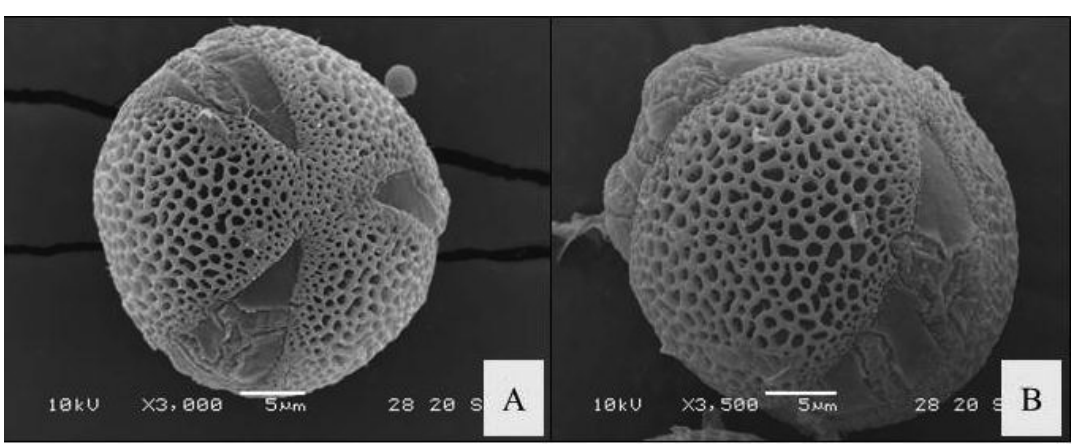

Figure 3 Scanning electron micrographs (SEM) of *Santisukia kerrii* (Barnett & Sandwith) Brummitt A) Pollen, B) Exine of pollen.

วงเกสรเพศเมียประกอบเกสรเพศเมีย ยาว 4-4.3 ซม.ประกอบด้วยรังไข่ ก้านชูเกสรเพศเมีย (style) และยอดเกสรเพศเมีย ส่วนของรังไข่อยู่เหนือวงกลีบ (superior ovary) ยอดเกสรเพศมีลักษณะปลายแยกเป็น 2 แฉก (bilabiate) ซึ่งเป็น sensitive stigma คือจะปิดเมื่อได้รับการสัมผัส และจะเปิดอีกครั้ง หากยังไม่ได้รับเรณู เช่นเดียวกับยอดเกสรเพศเมียของดอก *Incarvillea mairei* (Ai *et al*., 2013) โดยยอดเกสรเพศเมียมีความยาว 2-3 มิลลิเมตร ก้านยอดเกสรเพศเมียมีสีเขียวอมเหลือง จานฐานดอกสีเหลือง รูปวงแหวน อยู่รอบโคนรังไข่ ส่วนของรังไข่มี 2 ช่อง (locule) ซึ่งแต่ละช่องมี ออวุล อยู่ประมาณ 89 ออวุล ซึ่งติดอยู่ที่ผนังของรังไข่ (parietal placentation)

3. ช่วงเวลาการผสมเกสร (Pollination period)

ดอกแคสันติสุขที่เจริญเต็มที่พร้อมบาน สังเกตได้จาก บริเวณส่วนปลายของกลีบดอกมีการขยายออก ดอกเริ่มบานเวลาประมาณ 04.00 น.และบานเต็มที่เวลาประมาณ 07.00 น. หรือดอกบานเต็มที่หลังจากดอกเริ่มบานประมาณ 3 ชั่วโมง เกสรต่างเพศในดอกเดียวกัน แก่ไม่พร้อมกัน เป็นแบบ protandry คืออับเรณูแตก (anther dehiscence) ก่อนที่ยอดเกสรเพศเมียพร้อมรับเรณู (receptive period) โดยอับเรณูแตกตามยาวตามรอยช่องเปิดตั้งแต่ดอกเริ่มบาน ส่วนยอดเกสรเพศเมียพร้อมรับเรณูหลังดอกบานเต็มที่ โดยปลายยอดเกสรเพศเมียจะแยกออกเป็นสองแฉกและมีสารเหนียว (stigmatig fluid) บ่งบอกถึงความพร้อมรับเรณูและยังมีบทบาทสำคัญในการช่วยงอกของหลอดเรณู (Konar and Linsken, 1966) จากการทดสอบความมีชีวิตหรือการงอกของเรณู พบว่ามีค่าเท่ากับ 90.4 % โดยศึกษาพบว่าเรณู ประมาณ 85 % เริ่มงอกเมื่อเวลาผ่านไป 15 นาที

ช่วงที่ยอดเกสรเพศเมียพร้อมรับเรณู คือตั้งแต่หลังดอกบานเต็มที่ ถึงหลังดอกบานอย่างน้อย 6 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 12 ชั่วโมง หรือกล่าวได้ว่าดอกพร้อมรับเรณูตั้งแต่เวลา 07.00 น. ถึง 19.00 น. ถือได้ว่าช่วงเวลาที่ยอดเกสรเพศเมียพร้อมรับเรณูมีช่วงเวลาค่อนข้างยาวนาน เนื่องจากยอดเกสรเพศเมียที่ยังไม่ได้รับการผสมเกสรสามารถปิดแล้วเปิดใหม่ได้ โดยยอดเกสรเพศเมียจะเปิดรับเรณู จนกระทั่ง ดอกเริ่มแห้งและเหี่ยวลง ในวันที่ 2 ของการบาน แต่ทั้งนี้เนื่องจาก เรณูที่แตก โดยปกติจะแตกออกหมดหลังบานเต็มที่ประมาณ 6 ชั่วโมง ประกอบกับปริมาตรและปริมาณของน้ำตาลในน้ำหวานของดอกที่สังเกตพบว่ามีมากในช่วงเวลา 9-12 น. ของวันแรกในการบานของดอก และในส่วนของแมลงที่เป็นพาหะช่วยผสมเกสรที่พบจำนวนลงตอมดอกมากตั้งแต่ดอกบานเต็มที่เวลา 07.00 น. จนถึง เวลา 11.00 น. และจะค่อยๆ ลดลง ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมงพบว่าดอกเริ่มมีสีซีดลง และไม่มีแมลงลงตอมดอก จึงอาจระบุได้ว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการผสมเกสรของแคสันติสุข คือตั้งแต่หลังดอกบานเต็มที่ หรือเวลา 07.00 -13.00 น.

4. การพัฒนาของผลแคสันติสุข (fruit development)

การพัฒนาของผลแคสันติสุขเริ่มมีการติดผลจนถึงผลแก่ตั้งแต่กลางเดือนมกราคมจนถึงต้นเดือนเมษายน โดยการพัฒนาของผลตั้งแต่เริ่มติดผลจนมีขนาดโตเต็มที่ใช้เวลาประมาณ 5 สัปดาห์แล้วใช้เวลาอีกประมาณ 4 สัปดาห์ ผลจะสุกแก่และแตก ซึ่งการแบ่งเป็นระยะต่างๆ จะใช้ขนาดของผลที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นเกณฑ์การแบ่ง จากระยะผลเจริญเต็มที่ผลจึงสุกแก่ สามารถแบ่งการพัฒนาออกเป็นระยะ 5 ระยะ (Figure 4)

ระยะที่ 1 หรือ 1 สัปดาห์ หลังการผสมเกสร ผลเริ่มมีขนาดใหญ่กว่ารังไข่ ส่วนของผลอ่อนเกือบทั้งหมดยังไม่โผล่พ้นวงกลีบเลี้ยง มีเพียงปลายผลเรียวแหลม โผล่ออกมานอกวงกลีบเลี้ยงประมาณ 2.5 ซม. ผลอ่อนยาวประมาณ 1.5 ซม.

ระยะที่ 2 หรือ 2 สัปดาห์หลังการผสมเกสร ขนาดของผลจะโตและยืดยาว กว่าในสัปดาห์แรก ซึ่งกว้าง 0.5 ซม ยาว 4 ซม. โดยที่ก้านยอดเกสรเพศเมียจะค่อยๆ เหี่ยว และหลุดไป

ระยะที่ 3 หรือ 3 สัปดาห์หลังการผสมเกสร ขนาดของผลจะโตและยืดยาวกว่าในสัปดาห์ที่ 2 ซึ่งมีกว้างประมาณ 1.5 ซม. และ ยาว 8-12 ซม.

ระยะที่ 4 หรือ 5 สัปดาห์หลังการผสมเกสร ขนาดของผลจะโตและยืดยาว กว่าในสัปดาห์ที่ 3 ซึ่งในระยะนี้ ส่วนของผลมีการพัฒนาจนขยายขนาดโตเต็มที่ ซึ่งกว้างประมาณ 2-2.5.5 ซม. และ ยาว 10-15 ซม.

ระยะที่ 5 หรือ 9 สัปดาห์หลังการผสมเกสร เป็นระยะที่ผลแก่ โดยเมื่อผลแก่เต็มที่ ผลจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาล เปลือกจะปริแตกแบ่งผลออกเป็นสองซีกขณะอยู่บนต้น และเมล็ดก็จะค่อยๆ หลุดออกจนหมด

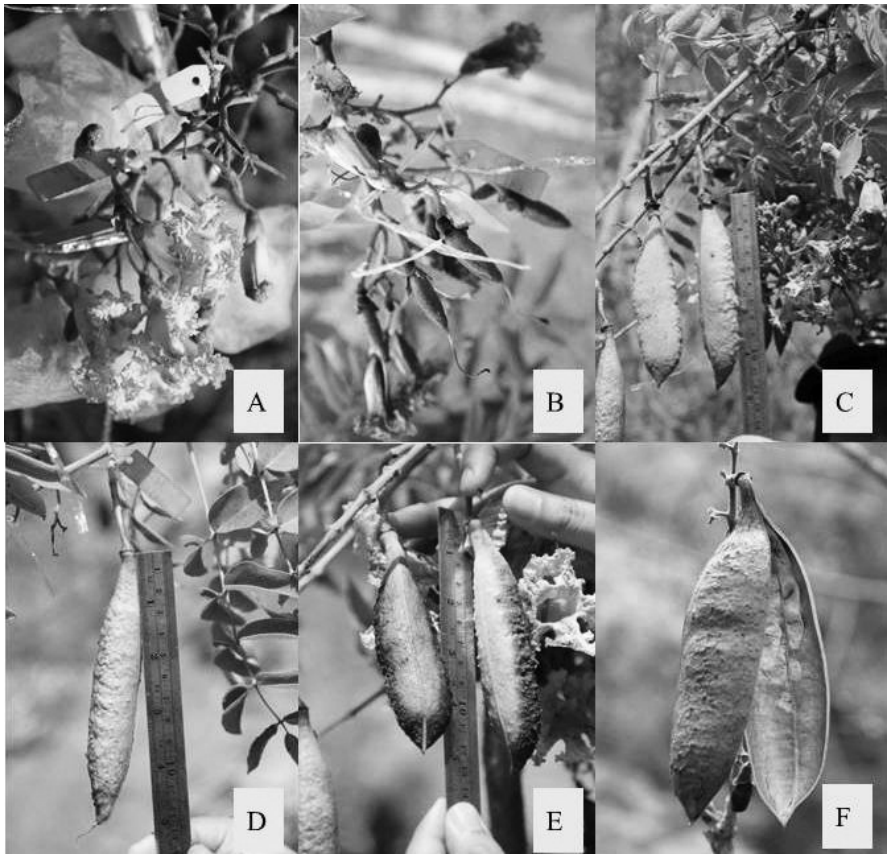

Figure 4 Stages of fruit development of *Santisukia kerrii* (Barnett & Sandwith) Brummitt Stages 1-5 (A, B, C, D, E) and dry dehiscent fruit (F).

ผลหรือฝักแคสันติสุขเป็นแบบผลแห้งแตก (capsule) รูปร่างขอบขนาน เมื่อเปลือกแตกออกเป็นสองซีกจะเห็นผนังกั้นกว้าง 2.8-3.8 ซม. ผิวเปลือกมีต่อมประปราย มีเมล็ดที่มีความยาวประมาณ 3 ซม. รวมปีกเมล็ดของแคสันติสุข 1 ผล มีประมาณ 180 เมล็ด ทั้งนี้การศึกษายังไม่ได้ต่อเนื่องถึงการศึกษาการงอกของเมล็ดแคสันติสุขในธรรมชาติ ซึ่งการศึกษาดังกล่าวอาจจะทำให้สามารถประเมินจำนวนประชากรและโอกาสในการอยู่รอดของแคสันติสุขได้

รูปแบบการผสมพันธุ์และค่าความสำเร็จการสืบพันธุ์ (Breeding System and Reproductive success)

จากการตรวจนับจำนวนเรณูทั้งหมดต่ออับเรณูของแคสันติสุข พบว่าค่าเฉลี่ยของเรณูทั้งหมดต่ออับเรณูเท่ากับ 5,028.03 ± 98.53 และพบว่ามีค่าเฉลี่ยของเรณูทั้งหมดต่อดอกคือ 20,112.2 ± 78.70 เรณู ค่าสัดส่วนจำนวนเรณูต่อออวุล (P/O ratio) ของแคสันติสุข เฉลี่ยคือ 111.77 ± 0.20 เมื่อนำค่าที่ได้นี้มาจัดชั้นตามเกณฑ์

การประเมินระดับการผสมข้ามตามวิธีการของ Cruden (1977) ซึ่งได้แบ่งระดับการผสมข้ามออกเป็น 5 ระดับ พบว่าระบบผสมข้ามของแคสันติสุข จัดอยู่ในระดับ facultative autogamy (มีค่าอัตราส่วนระหว่าง 31.9-396.0) คือมีระดับการผสมข้ามต่ำ หรือ แนวโน้มผสมพันธุ์ในตัวเองแต่การผสมข้ามสามารถเกิดขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม ค่า P/O ratio ใช้เป็นเพียงตัวชี้วัดระบบการสืบพันธุ์ของพืชแบบกว้างๆ เท่านั้น ถึงแม้ว่าพืชหลายชนิด จะสามารถระบุระบบผสมพันธุ์ได้จากค่า P/O ratio แต่บางชนิดที่มีระบบผสมข้าม ซึ่งมีค่า P/O ratio ต่ำ การใช้ค่า P/O ratio ระบุระบบการผสมพันธุ์ก็ยังทำให้ สามารถระบุระบบการผสมพันธุ์ได้ไม่ชัดเจน (Cruden, 2000) โดยพืชส่วนใหญ่ที่มีระบบผสมข้าม จะมีค่า P/O ratio สูง อยู่ระหว่าง 1,200 – 8,000 แต่ในพืชที่มีระบบผสมข้ามบางชนิดก็มีค่า P/O ratio ต่ำกว่านั้น เช่น *Clakia* sect. *Phaeostoma* ในวงศ์ Onagraceae มีค่า P/O ratio ต่ำกว่า 500 (Vesek and Weng, 1988) ซึ่งการระบุระบบการสืบพันธุ์โดยละเอียดจำเป็นต้องมีการศึกษาอื่นๆ เพิ่มเติมอีกเช่น ขนาดเรณู ขนาดยอดเกสรเพศเมีย กลไกการถ่ายเรณู และการป้องกันตัวเอง เป็นต้น (Cruden and Lyon, 1985; Webb, 1994)

จากการศึกษาการติดผลของแคสันติสุขโดยใช้ 4 วิธีการ ได้แก่ การช่วยผสมมือแบบข้ามต้น การช่วยผสมมือในตัวเอง การผสมแบบเปิดหรือปล่อยให้ผสมเองตามธรรมชาติ และการผสมเกสรแบบควบคุม พบว่ามีการติดผล 10.17 ± 1.49 โดยวิธีการช่วยผสมมือแบบข้ามต้น มีการติดผลสูงสุด คือ ร้อยละ 75.45 ± 0.27 ซึ่งมีการติดผลสูงกว่าการผสมแบบเปิดหรือผสมเองตามธรรมชาติ ที่มีการติดผลเพียงร้อยละ 4.85 ± 0.31 (Table 1) ส่วนวิธีการควบคุมหรือการคลุมช่อดอกไว้ เป็นการทดสอบเพื่อไม่ให้แมลงหรือพาหะนำพาเรณูจากที่อื่นเข้ามาปนเปื้อน (contaminated) และวิธีการผสมโดยใช้มือแบบผสมในตัวเอง ไม่พบการติดผล เช่นเดียวกับต้น *Zeyheria montana* ซึ่งเป็นพรรณไม้ในวงศ์แค (Bignoniaceae) ที่พบการติดผลเฉพาะวิธีการผสมเกสรโดยใช้มือผสมแบบข้ามต้นและการผสมแบบเปิดหรือผสมเองตามธรรมชาติเท่านั้น(Bittencourt and Semir, 2004) ซึ่งลักษณะการติดผลเช่นนี้ อาจมีปัจจัยบางอย่าง เช่น ลักษณะดอก ปัจจัยแวดล้อม และ การป้องกันตัวเอง (Cruden, 2000) ทำให้ไม่สามารถผสมในตัวเองได้ (self - incompatibility) แสดงให้เห็นว่า แคสันติสุขเป็นพืชที่ต้องการการผสมข้ามหรือต้องการพาหะช่วยนำเรณูจากต่างต้นเข้ามาช่วยในการติดผล จากอัตราการติดผลจากวิธีการผสมโดยใช้มือช่วยผสมแบบข้ามต้น ที่พบว่าสูงกว่าวิธีการอื่นๆ ดังนั้นการผสมข้ามจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการติดผลของแคสันติสุข ซึ่ง Tasen (2001) แนะนำว่าการมีแมลงหรือพาหะมีชีวิตที่มีความสำคัญในการช่วยผสมเกสรจำนวนมากจะช่วยเพิ่มการประสิทธิภาพในการช่วยผสมเกสรทำให้การติดผลเพิ่มมากขึ้น Gentry (1974) รายงานว่านอกจากแมลงแล้ว พาหะที่ช่วยในการผสมเกสรของพืชในวงศ์แค (Bignoniaceae) ยังมีสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นอีก เช่น นก ค้างคาว อีกด้วย โดย *Campsidium valdivianum* พบว่านกฮัมมิ่งเบิร์ดช่วยผสมเกสร (Urcelay *et al*., 2006) เพกา (*Oroxylum indicum*) ไม่สามารถผสมพันธุ์ในตัวเองได้ ต้องอาศัยค้างคาวกินผลไม้นำพาเรณูมาช่วยในการผสมเกสร (Srithongchuay *et al*., 2008) เป็นต้น พืชส่วนใหญ่มีแมลงช่วยในการผสมเกสรหลัก และพรรณไม้หลายชนิดในวงศ์แค (Bignoniaceae) ก็พบว่ามีแมลงเป็นผู้ช่วยผสมเกสรหลักเช่นกัน ได้แก่ *Heterophragma quadriloculare* มีแมลงภู่ช่วยในการผสมเกสร (Somanathan and Borges, 2001) *Adenocalymma bracteatum* มีผึ้ง ชันโรง และมด ช่วยผสมเกสรหลัก (Almeida-Soares *et al*., 2010) แมลงผสมเกสรจึงมีความสำคัญต่อการติดผลตามธรรมชาติของแคสันติสุข กล่าวคือถ้ามีจำนวนแมลงช่วยผสมเกสรเพิ่มมากขึ้น จะทำให้การเข้าตอมดอกมากขึ้นเป็นส่งผลให้การช่วยนำเรณูไปยังดอกได้อย่างทั่วถึงกับจำนวนดอกแคสันติสุขที่บานในแต่ละปี ทำให้อัตราการติดผลของแคสันติสุขเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย

Table 1 Fruit set (2 weeks after flowering) of *Santisukia kerrii* (Barnett & Sandwith) Brummitt.

Treatment	Number of flowers observed	number of fruits	% fruit set	SE
Opened-pollination	330	16	4.85	0.31
Controlled-pollination	433	0	0	0
Cross hand-pollination	110	83	75.45	0.27
Self hand-pollination	100	0	0	0
Total	973	99	10.17	1.49

ความสำเร็จของการสืบพันธุ์ (Reproductive success)

จากการวิเคราะห์ค่าความสำเร็จของการสืบพันธุ์ (RS) ของแคสันติสุขมีค่าผันแปรระหว่าง 0.010 - 0.018 โดยมีค่าเฉลี่ย 0.013 (Table 2) แสดงให้เห็นว่า มีจำนวนดอกเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่พัฒนาไปเป็นผลและเมล็ดที่สมบูรณ์ ซึ่งลักษณะแบบนี้เป็นลักษณะทั่วไปของพืชที่มีการผสมพันธุ์แบบข้าม (outcrossing) คือพืชที่มีการผสมพันธุ์แบบข้ามต้น จะมีค่า RS ต่ำกว่า 0.3 (Wiens *et al*., 1987) ค่า RS ของแคสันติสุขจัดได้ว่าค่อนข้างต่ำ มีค่าใกล้เคียงกับสัก (Tangmitcharoen and Owens, 1997) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.011 ซึ่งสูงกว่ากระถินลูกผสม (*Acacia* hybrid) ที่มีค่าเฉลี่ย RS เท่ากับ 0.0054 (Sornsathapornkul, 1999) แต่ต่ำกว่าต้นกฤษณา (*Aquilaria crassna* Pierre ex Lecomte) มีค่าเฉลี่ย RS คือ เท่ากับ 0.05 (Tangmitcharoen *et al*., 2008)

จากการหาค่าความสำเร็จการสืบพันธุ์ ของแคสันติสุขนี้พบว่า มีค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนผลและดอกต่อช่อ (Fr/Fl) โดยเฉลี่ย ค่อนข้างต่ำ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าดอกจำนวนเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่พัฒนาไปเป็นผล โดยอาจมีสาเหตุมาจากการแห้งเหี่ยวไปหลังดอกบาน ส่วนค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนเมล็ดต่อผลและจำนวนออวุลต่อดอก (S/O) เฉลี่ยมีค่า 0.56 นั้นถือได้ว่ามีค่าสูง หรือประมาณ 56 เปอร์เซ็นต์ ของออวุลแคสันติสุขสามารถพัฒนาไปเป็นเมล็ดที่สมบูรณ์ได้

Table 2 Reproductive success of five trees of *Santisukia kerrii* (Barnett & Sandwith) Brummitt.

Tree no.	number of florets/inflo. (FL)	number of fruit/inflo. (Fr)	Fr/Fl	number of ovules/floret (O)	number of seeds/fruit (S)	S/O	RS
1	46.6 ± 9.64	0.8 ± 0.33	0.017	180 ± 3.50	102.75 ± 5.68	0.57	0.010
2	33.9 ± 4.68	0.7 ± 0.33	0.021	184 ± 6.00	105.00 ± 15.18	0.57	0.012
3	49.2 ± 7.67	1.0 ± 0.30	0.020	176 ± 10.50	90.50 ± 6.76	0.51	0.010
4	24.1 ± 3.40	0.7 ± 0.30	0.029	170 ± 2.00	105.75 ± 4.46	0.62	0.018
5	33.7 ± 9.29	0.8 ± 0.29	0.024	189 ± 2.00	103.00 ± 10.08	0.54	0.013
Avg.	37.5 ± 1.46	0.8 ± 0.04	0.022	180 ± 2.33	101.40 ± 3.90	0.56	0.013

สรุป

1. แคสันติสุขเริ่มออกดอกตั้งแต่ปลายเดือนธันวาคมถึงกลางเดือนมีนาคม ช่อดอกเป็นแบบช่อกระจุกแยกแขนง ดอกพัฒนาจากตายอดไปถึงดอกบานใช้เวลาประมาณ 4 สัปดาห์ การบานของดอกภายในช่อ มีระยะเวลาประมาณ 1 ถึง 2 สัปดาห์ ดอกย่อยเป็นดอกแบบสมบูรณ์เพศ เกสรเพศผู้มี 4 อับเรณู ก้านเกสรแบ่งเป็น 2 คู่ ที่ยาวไม่เท่ากัน เรณูมีขนาดกลาง (27-35 ไมครอน) ยอดเกสรเพศเมียปลายแยกเป็น 2 แฉก (bilabial) รังไข่แบบเหนือวงกลีบ ประกอบด้วยช่องว่าง 2 ช่อง แต่ละ

ช่องบรรจุประมาณ 89 ออวุล ดอกเริ่มบานตั้งแต่เวลา 04.00 น. บานเต็มที่เวลาประมาณ 07.00 น. เกสรเพศผู้แตกก่อนความพร้อมของเกสรเพศเมีย โดยช่วงเวลาที่เกสรเพศเมียพร้อมรับเรณู ตั้งแต่ดอกบานเต็มที่จนถึงหลังดอกบานไม่เกิน 12 ชั่วโมง และการพัฒนาของผลหลังจากการผสมเกสรถึงผลแก่ใช้เวลาประมาณ 9 สัปดาห์

2. ค่า P/O ratio ของแคสันติสุข จัดอยู่ในระดับการผสมข้ามแบบ facultative autogamy คือมีระดับการผสมข้ามต่ำ หรือมีแนวโน้มผสมพันธุ์ในตัวเองแต่การผสมข้ามสามารถเกิดขึ้นได้ ในการศึกษาการติดผลของแคสันติสุขพบว่ามีการติดผลเฉพาะในวิธีการใช้มือช่วยผสมแบบข้ามต้น และการผสมแบบเปิด ส่วนวิธีการใช้มือช่วยผสมในตัวเอง และการผสมแบบควบคุมไม่พบการติดผล ทั้งนี้เมื่อวิเคราะห์ค่าความสำเร็จของการสืบพันธุ์พบว่ามีค่าต่ำ แสดงให้เห็นว่าแคสันติสุขมีระบบผสมพันธุ์แบบผสมข้าม จัดเป็นพืชที่ต้องการพาหะช่วยในการผสมเกสร

คำนิยม

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ขอขอบคุณภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ใช้สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

REFERENCES

Ai, H., W. Zhou, K. Xu, H. Wang and D. Li. 2013. The reproductive strategy of a pollinator-limited Himalayan plant, *Incarvillea mairei* (Bignoniaceae). **Bio Med Central Plant Biology** 13: 195-204.

Almeida-Soares, S., L. P. Polatto, J. C. S. Dutra and H. M. Torezan-Silingardi. 2010. Ecological, Behavior and Bionomics Pollination of *Adenocalymma bracteatum* (Bignoniaceae): Floral Biology and Visitors. **Neotropical Entomology** 39 (6): 941-948.

Bittencourt, N. S. Jr. and J. Semir. 2004. Pollination biology and breeding system of *Zeyheria montana* (Bignoniaceae). **Plant Systematics and Evolution** 247: 241–254.

Cruden, R.W. 1997. Pollen-ovule ratio: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. **Evolution** 31: 32-46.

Cruden, R.W. 2000. Pollen grain: why so many?. **Plant Systematics and Evolution** 222: 143-165.

Cruden, R. W. and D. L. Lyon. 1985. Correlations Among Stigma Depth, Style Length, and Pollen Grain Size: Do They Reflect Function or Phylogeny?. **Botanical Gazette** 146: 143-149.

Gentry, A. H. 1974. Flowering Phenology and Diversity in Tropical Bignoniaceae. **Biotropica**.6 (1): 64-68.

Konar, R. N. and H. F. Linskens. 1966. Physiology and Biochemistry of the stigmatic fluid of *Petunia hybrid*. **Planta (Berl.)** 71: 372-387.

Ruksat, L. 1991. **Pollen grain.** Odian Store, Bangkok. (in Thai)

Saensouk, P. and S. Saensouk. 2011. Palynology of Some Bignoniaceae Species in Northeastern Thailand. **KKU Research Journal** 16 (2): 187-195. (in Thai)

Santisuk, T. 1987. Bignoniaceae, pp 32-66. *In* T. Smitinand and K. Larsen (eds.),

Flora of Thailand Vol 5 part 1. Chutimapress, Bangkok.

Sornsathapornkul, P. 1999. **Sexual Reproductive potential of *Acacia* hybrid.** Silvicultural Research Division, Royal Forest Department, Bangkok. (in Thai)

Somanathan, H. and R. M. Borges. 2001. Nocturnal Pollination by the Carpenter Bee *Xylocopa tenuiscapa* (Apidae) and the effect of Floral Display on Fruit Set of *Heterophragma quadriloculare* (Bignoniaceae) in India. **Biotropica** 33 (1): 78-89.

Srithongchuay, T., Sripao-raya, E. and S. Bumrungsri, 2008. The pollination ecology of the late-successional tree,*Oroxylum indicum* (Bignoniaceae) in Thailand. **Journal of Tropical Ecology** 24 (5): 477-484.

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

Tangmitcharoen, S., P. Yongrattana,V. Luangviriyasaeng, W. Tasen, P. Chanthep and S. Saengtubtim. 2008. Floral Biology of *Aquilaria crassna* Pierre ex Lecomte. **Thai Journal of Forestry** 27 (2):1-13. (in Thai)

Tasen, W. 2001. **The Role of Some Major Insect Pollinators on Pollination of Teak (*Tectona grandis* Linn.f.)** M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)

The Plant List. 2013. ***Santisukia*.** Available Source: http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Bignoniaceae/Santisukia, August 16, 2014.

Vesek, F. C. and V. Weng. 1988. Breeding Systems of *Clarkia* sect. Phaeostoma (Onagraceae): I. Pollen-Ovule ratios. **Systematic Botany** 13: 336-350.

Urcelay, C., C. L. Morales and V. R. Chalcoff. 2006. Relationship between corolla length and floral larceny in the South American hummingbird-pollinated *Campsidium valdivianum* (Bignoniaceae). **Annales Botanici Fennici** 43: 205-211.

Webb, C. J. 1994. Pollination, self-incompatibility and fruit production in *Corokia cotoneaster* (Escallohiaceae). **New Zealand Journal of Botany** 32: 385-392.

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.