

การเจริญเปลี่ยนแปลงของดอกยางนา FLOWER DEVELOPMENT OF *DIPTEROCARPUS ALATUS*

สุธารัตน์ งามขจรวิวัฒน์

Sudarath Ngamkhajornwiwat

โกวิท ฉาสุรีย์ศรี

Kowit Chaisureesri

ABSTRACT

Flower development of *Dipterocarpus alatus* Roxb. was investigated for 196 days from primordial inflorescence to fruit maturity. It was studied by morphological and anatomical observation. The primordial inflorescence and flower primordia appeared at the same time. The flowers were borned in a simple raceme. Each flowers consisted of five green sepals, five petals and three carpels surrounded by thirty stamens. The carpels developed into three locular ovary, style and stigma. Each locule comprised of two anatropous ovules which were protruded from the central column and formed an axile placentation arrangement. The development from flower primordia to anthesis took about seventy days. After fertilization, the zygote was differentiated into an embryo. At this stage, the petals, stamens and style were abscised. On the other hand, the sepals were persisted, particularly a pair of them elongated rapidly and turned to be wings. It took eighteen weeks for fruit to develop from small size to full size and mature.

บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญพัฒนาของดอกยางนา ได้ดำเนินการสังเกตจากลักษณะการเปลี่ยนแปลงทั้งภายในและภายนอกของดอก ตั้งแต่ระยะดอกแรกจนกระทั่งผลแก่ใช้ใช้เวลา ๑๙๖ วัน พืชดอกเกิดจากกิ่งที่แตกใหม่ ดอกหนึ่งประกอบด้วยช่อดอกที่มีารเรียงตัวแบบ Simple raceme ในแต่ละช่อดอกประกอบด้วยกลีบเลี้ยง ๕ กลีบ กลีบดอก ๕ กลีบ เกสรตัวผู้ ๓๐ อัน และเกสรตัวเมีย ๑ อัน เกสรตัวเมียประกอบด้วยรังไข่ ๓ พ้อง แต่ละรังไข่มีไข่อ่อน (ovule) ๒ อัน ไข่อ่อน แต่ระยะอันมีการเรียงตัวแบบ anatropous และมีการเรียงตัวของรกแบบ axile placentation การเจริญพัฒนาของดอกตั้งแต่ระยะดอกแรกจนถึงระยะที่เริ่มผสมพันธุ์ ใช้เวลา ๘๐ วัน หลังจากผสมพันธุ์แล้ว กลีบดอก เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย จะร่วงโรยไป ส่วนกลีบเลี้ยง ๒ กลีบ จะเจริญเป็นปีกของผล สำหรับรังไข่พัฒนาเป็นเนื้อเยื่อเป็นผลที่มีขนาดโตเต็มที่ และได้พัฒนาต่อไปจนผลแก่ใช้ เวลา ๑๘ สัปดาห์ หลังจากผสมพันธุ์

๑/ ผอ.วนวัฒนวิจัย กองบำรุง กรมป่าไม้

คำนำ

ไม้ยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb.) เป็นไม้ที่มีค่าในทางเศรษฐกิจของประเทศไทยชนิดหนึ่ง เพราะเป็นที่นิยมให้สอยกันมากในการก่อสร้างบ้านเรือน และในการทำไม้ค้ำ นอกจากนี้ยังใช้น้ำมันยางในการทำไม้ ทำน้ำมันทาบ้านและอื่นๆ แต่ปริมาณไม้ยางนาในปัจจุบัน ได้ลดน้อยลง เนื่องจากการทำไม้และจากการที่ป่าไม้ยางนา ซึ่งโดยมากขึ้นอยู่ในที่ราบลุ่ม ถูกบุกรุกแล้ว ปล่อยให้กลายเป็นไร่สวนไม้ร่มก้นเป็นส่วนใหญ่ ทำให้เกิดความจำเป็นที่จะต้องทำการปลูกสร้างสวนป่า ไม้ยางนาขึ้นทดแทนในที่ที่เหมาะสม และหาทางเพิ่มผลผลิตในต้น ปริมาณ และคุณภาพของดอกผลและเมล็ด ไม้ยางนาให้มากขึ้นกว่านี้

ในการเพิ่มผลผลิตในต้นปริมาณและคุณภาพของดอก ผลและเมล็ดไม้ยางนาให้

มาก จำเป็นต้องมีการศึกษาถึงลักษณะของ ดอก ผลและเมล็ด ตลอดจนถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจก่อให้เกิดดอก ติดผล และเมล็ดใน ป่าธรรมชาติเสียก่อน แล้วจึงนำเอา เทคโนโลยีที่ทันสมัย เข้าช่วยในการปรับปรุง พันธุ์ ไม้ให้มีความเหมาะสมตามความต้องการ

ดังนั้น จุดมุ่งหมายในการศึกษาการ เจริญเปลี่ยนแปลงของดอก ไม้ยางนา เพื่อ เป็นความรู้พื้นฐานต่อการปรับปรุงพันธุ์ ไม้ ยางนาให้มีปริมาณและคุณภาพของดอก และ เมล็ดเพิ่มขึ้นและดีขึ้น นอกจากนี้ยังเป็น แนวทางในการบังคับวิธีการวิวัฒนาการของ ไม้ยางนา เพื่อให้มีรูปร่างคุณสมบัติ และ ลักษณะอื่น ๆ ให้สอดคล้องกับความต้องการ ของวงการป่าไม้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

ใช้ตาชั่งคอกอย่างนาตั้งแต่เริ่มเกิดเป็น ทา ช่อคอกขนาดเล็กที่สุดเท่าที่สามารถจะ ศึกษาได้ จนถึงคอกบานและติดผล จนผล มีอายุประมาณ ๕๐ วัน หลังจากคอกบาน น้ำยาที่ใช้สำหรับหยุดกิจกรรมและ รักษารูปทรงของเนื้อเยื่อภายในดอก (Killing

and Fixing solution) ได้แก่ F.A.A. โดย มีส่วนผสมดังนี้

Ethyl alcohol (95%)	50 cc
Acetic acid	5 cc
Formalin	5 cc
น้ำ	40 cc

น้ำยาที่ใช้ในการดึงน้ำออกจากเซลล์ของดอกไม้อย่างนา (Dehydration) โดยใช้ น้ำยา Tertiary butyl alcohol โดยเริ่มจาก				ความเข้มข้นตั้งแต่ 50% TBA, 70% TBA, 85% TBA, 95% TBA, 100% TBA และ Pure TBA ซึ่งน้ำยาเหล่านี้มีส่วนผสมดังนี้			
50% TBA (ผสมด้วย 95% ethyl alcohol	40 ซีซี,	Pure TBA	10 ซีซี	และน้ำ	50 ซีซี		
70% " " " "	50 "	" "	20 "		30 "		
85% " " " "	50 "	" "	35 "		15 "		
95% " " " "	45 "	" "	55 "				
100% " " " "	25 "	" "	75 "				

Paraffin ที่ใช้ในการ infiltration มี 2 ชนิดคือ Paraffin oil และ Paramat ที่มีจุดหลอมเหลว 56°C และ embedding paraffin ก็ใช้ Paramat เช่นกัน

Microtome ใช้ rotary microtome

Adhesive ใช้ Haupt's solution

สีที่ใช้ย้อมชิ้นส่วนศึกษาใช้สี Safranin และ Fast green FCF และ Iron Hematoxylin และใช้ Clove เป็น clearing agent

อุปกรณ์ในการถ่ายภาพและกล้องจุลทรรศน์ใช้กล้องจุลทรรศน์ที่สามารถถ่ายภาพได้

วิธีการ

ทำการศึกษาทางกายวิภาคเกี่ยวกับจุดกำเนิดของดอกและส่วนต่าง ๆ ของดอก การเจริญเปลี่ยนแปลงของส่วนต่าง ๆ ของดอก รวมทั้งการเจริญของเมล็ดอย่างนาโดย

การตัด section ทางยาวดอก, ดอก และเมล็ดของไม้อย่างนาที่เก็บในระยะต่าง ๆ กัน ตั้งแต่เริ่มเป็นตา ช่อดอก ดอกตูม ดอกบาน และคิดเป็นผลจนถึงผลมีอายุประมาณ ๘๐ วัน หลังจากดอกบานโดยใช้วิธี paraffin embedding method ตามวิธีของ Johnansen และ Sass ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

เก็บตาช่อดอก, ดอก และผลระยะต่าง ๆ กัน แช่ใน F.A.A. ภายใน ๑๘-๒๔ ชม. ถ้าหากเป็นเนื้อเยื่อแข็ง เช่นผลหรือเมล็ดต้องใช้เวลาแช่นานขึ้นแล้วล้างน้ำยา F.A.A. ออกจากด้วย ethyl alcohol จนแน่ใจว่ากลิ่นของ F.A.A. ได้หายไปแล้ว จึงทำการ dehydration ด้วยน้ำยา TBA series (Johanse, 1940 ; Sass, 1958) หลังจากนั้นนำไป infiltration ด้วยน้ำยา TBA : Paraffin oil ในอัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร แล้วจึงนำตัวอย่างไปวางลงบน

Paramat ที่มีจุดหลอมเหลว 56°C และให้
ตัวอย่างจนถึงจนหมดแล้วทิ้งไว้ ๖ ชม. ทำ
เช่นนี้อย่างน้อย ๓ ครั้ง แล้วจึงนำไป embed
ด้วย Paramat เก็บ paraffin block ไว้ใน
ตู้เย็น 24°C ชม. จึงนำมากัด section ด้วย
rotary microtome โดยตัดตามยาวและตาม
ขวางให้ section แต่ละชิ้นมีความหนา
16-20 ไมครอน เมื่อได้ paraffin ribbon
แล้วนำมาติดบน microslide โดยใช้ Haupt's
solution และ flood ด้วย 2% formalin วาง
สไลด์ในภาชนะ และนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ
 40°C เป็นเวลา ๑ วัน เพื่อให้ section นั้น
ติดบนสไลด์ได้แน่นยิ่งขึ้น แล้ว paraffin
ออกจาก section ด้วย pure xylene แล้ว
จึงย้อมสี section ด้วย Safranin และ Fast
green FCF หลังจากย้อมสีเสร็จแล้วต้อง

ล้างด้วย clearing agent เพื่อให้ section
นั้นใส และชัดเจนมากขึ้น แล้วนำไปติด
cover slip โดยใช้ permount และนำสไลด์
นั้นไปอบแห้งประมาณ ๓-๕ วัน

บันทึกภาพแสงให้เห็นการเกิดและ
การเจริญเปลี่ยนแปลงของดอกและเมล็ด
ระยะต่าง ๆ แล้วจึงทำการศึกษารายละเอียด
ที่ปรากฏในภาพประกอบผลการทดลอง

สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง

ศูนย์เมล็ดพันธุ์ ไม้ป่าอาเซียน -
แคนาดา อ. มวกเหล็ก จ. สระบุรี และ
กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้

เวลาที่ทำการทดลอง ตั้งแต่เดือน
พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๒๘ ถึงเดือน
พฤษภาคม ๒๕๒๙

ผลและวิจารณ์

ช่อดอก

ไม้ยางนาโดยทั่วไปจะเริ่มออกดอก
หลังจากแตกใบอ่อนแล้วประมาณสองเดือน
ช่อดอก (Inflorescences and flowers)
เกิดจากตาที่อยู่ระหว่างกิ่ง (axillary bud)
ซึ่งเป็นตาผลัดในช่วงเวลาที่ต้นยางนาใกล้
ออกดอกที่ปลายยอดกิ่งจะมีใบหุ้มยอดอ่อน
สีแดง และเมื่อกาบใบที่หุ้มยอดอ่อนผลิออก

ปลายกิ่งจะมีตาใบและตาดอกอยู่ร่วมกัน
เป็นกลุ่มแต่จะปรากฏตาใบก่อนประมาณ
๖-๘ ตา แล้วจึงเป็นตาดอก ซึ่งมีรูปร่าง
ภายในและภายนอกแตกต่างกันดีจากตา
ดอกไปเป็นตาใบและยอดอ่อน

ช่อดอกของไม้ยางนา เป็นช่อดอก
แบบ Simple raceme ซึ่งใน ๑ ช่อดอกจะ
ประกอบด้วยดอกย่อยอย่างน้อย ๓-๕ ดอก

ดอกที่มีอายุมากที่สุดอยู่ล่างสุดของช่อดอก และในแต่ละช่อดอกถูกหุ้มด้วยกลีบประดับที่มีขนาดตามบริเวณผิวของกลีบประดับ

ดอกของยางนาเป็นดอกสมบูรณ์เพศ (complete flower) ส่วนต่าง ๆ ของดอกเรียงตัวกันในลักษณะไม่สมมาตร มีรังไข่แบบ inferior ovary ดอกประกอบด้วยชั้นของกลีบรองดอกที่เชื่อมติดกันเป็นรูปถ้วย ปลายแยกจากกันมีสีเขียวอยู่ชั้นนอกสุด มีจำนวนกลีบรองดอกอยู่ ๕ กลีบ ติดเข้าไปเป็นกลีบดอก ประกอบด้วยกลีบดอก ๕ กลีบ ในระยะแรกกลีบดอกจะมีสีเขียวอมม่วง แต่เมื่อเจริญเต็มที่และพร้อมที่จะบานแล้วกลีบดอกในส่วนที่เป็นสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีขาว และส่วนที่เป็นสีม่วงเปลี่ยนเป็นสีชมพู กลีบดอกนี้จะเรียงกันแบบ valvate คือฐานของกลีบดอกซ้อนทับกับกลีบดอกหนึ่ง และปลายกลีบดอกแยกออกจากกัน ถัดจากชั้นของกลีบดอกก็เป็นชั้นของเกสรตัวผู้ ซึ่งมีการเรียงตัวของเกสรตัวผู้ที่เชื่อมติดกันเป็นวงในลักษณะ synandry ซึ่งในแต่ละวงจะประ-

กอบด้วยเกสรตัวผู้จำนวนที่แตกต่างกัน ชั้นแรกประกอบด้วยเกสรตัวผู้ ๑๕ อัน ติดเข้าไปชั้นที่สอง ๑๐ อัน และในชั้นในสุดซึ่งติดกับเกสรตัวเมียมี ๕ อัน ทั้งอับเกสรตัวผู้ และก้านเกสรตัวผู้มีสีเขียวติดจากชั้นเกสรตัวผู้เป็นชั้นในสุดซึ่งเป็นชั้นเกสรตัวเมีย ประกอบด้วยอับเกสรตัวเมีย ซึ่งมีขนเป็นจำนวนมากมาช่วยในการจับละอองเกสรตัวผู้ ปลายของก้านเกสรตัวเมียแยกเป็น ๓ ร่อง และเชื่อมติดต่อกันลงไปเป็นท่อ ๓ ท่อ จนถึงช่อง (locule) ที่บรรจุ ovule อยู่ในรังไข่ ลักษณะของรังไข่ประกอบด้วย 3 carpel 3 locule ใน 1 locule มี 2 ovule เกาะติดอยู่กับแกนกลาง (central column) เรียงตัวเป็นแบบ axile placentation ส่วน ovule เป็นแบบ anatropous มีก้าน (funiculus) ยื่น

การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของดอก

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอก (morphology) ของดอกนั้น ได้แบ่งระยะการเปลี่ยนแปลงออกเป็น ๖ ระยะด้วยกันตามขนาดของดอกดังนี้ คือ

ลักษณะ	ขนาดเฉลี่ย ก x ข
ระยะที่ ๑ เป็นดอกกรวม	๐.๒๑๑๘ x ๐.๒๔๘๕
ระยะที่ ๒ เป็นดอกคุดมที่ไม่สมบูรณ์	๐.๓๑๘๐ x ๐.๓๓๐๐
ระยะที่ ๓ เป็นดอกคุดมที่มีระยะใกล้ครบ ๔ วง แต่กลีบเลี้ยงและกลีบดอกยังไม่เจริญ	๐.๔๒๘๐ x ๐.๔๖๖๐

ระยะที่ ๔ เป็นดอกตูมที่มีระยางค์ครบ ๔ วง กลีบเลี้ยงและกลีบดอกเจริญเต็มที่ และเปลี่ยนสี	๐.๖๑๔๐ X ๐.๘๑๗๐
ระยะที่ ๕ เป็นดอกบาน	๑.๑๑๐๕ X ๑.๔๒๕๖
ระยะที่ ๖ เป็นดอกซึ่งถูกผสมแล้วเริ่มกลายเป็นผล	๑.๔๓๘๘ X ๒.๓๔๔๔

การกำเนิดของมัลลอกและดอก

จุดกำเนิดของซอกดอกเกิดจากตาข้างกิ่ง (axillary bud) ซึ่งเป็นตาตอกที่แทรกอยู่กับตาใบ เมื่อตาใบยืงตัวออกทำให้ตาซอกยืงตัวตามไปด้วย แต่ภายในประกอบด้วยตาตอกย่อย (flower primordia) ซึ่งเรียงเป็นเกลียวตามแกนของซอกดอก และเมื่อตาซอกดอกเจริญเติบโตขึ้นจนสามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ตาตอกแต่ละดอกก็มีลักษณะเป็นกลุ่มสีขาว และกลีบรองดอกคู่หนึ่งจะยืงยาวเป็นหางออกไปอย่างรวดเร็ว จนเห็นความแตกต่างจากกลีบรองดอกอีก ๓ กลีบ (ภาพที่ ๑) ในขณะเดียวกันเนื้อเยื่อส่วนกลางของตาตอกย่อย ได้มีการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างกลีบดอกหลังจากนั้น ๓-๗ วัน เนื้อเยื่อส่วนถัดจากกลีบดอกก็สร้างท่อเกสรตัวผู้และยืงยาวออกไป ในขณะที่ท่อเกสรตัวผู้มีการยืงยาวออกไปในเนื้อเยื่อส่วนกลางของตาตอกเริ่มมีการเว้าลึก ซึ่งเป็นการเริ่มต้นของการสร้าง carpel เรียกว่า carpel initial อันเป็นจุดกำเนิดของเกสรตัวเมีย

(ภาพที่ ๒, ๓) ต่อมาอีก ๗ วัน หลังจากเกิด carpel initial แล้วส่วนฐานจะขยายออกด้านข้างแล้วเชื่อม carpel ทั้ง ๓ เข้าด้วยกันเป็นรังไข่เกิดปูดนูนเข้าไป (protruberance) ๖ แห่ง ตรงบริเวณกึ่งกลาง carpel ส่วนที่ปูดนูนเข้าไปนี้จะเจริญต่อไปเป็น ovule (ภาพที่ ๔, ๕) ส่วนที่เป็น carpel เชื่อมเข้าด้วยกันบริเวณ central column นั้นต่อไปได้กลายเป็นผนังกันทำให้เกิดเป็น locule 3 locule และส่วนปลายของ carpel initial ทั้ง ๓ ได้เจริญอย่างช้าๆ และประกอบเชื่อมกันเป็นก้านชูเกสรตัวเมีย ทำให้ภายในก้านชูเกสรตัวเมียเป็น stylar canal ขึ้นไปจนถึงยอดเกสรตัวเมีย และจะเจริญยืงยาวขึ้นไปอย่างช้าๆ ในขณะเดียวกันอับเกสรตัวผู้จะยืงยาวขึ้นก่อน แล้วส่วนของก้านชูเกสรตัวผู้จึงเจริญยืงยาวห่ออับเกสรตัวผู้ขึ้นมา ต่อจากนั้น epidermis ของอับเกสรตัวผู้กั้นตรงข้ามกับส่วนเจริญเป็น 1 microsporangium ขยายขนาดเซลล์และ nucleus ใหญ่ขึ้นส่วนที่อยู่ติดกับ nucleus จะค่อยๆ

รับที่บนชั้นและจะขยายขนาดของเซลล์ที่ใหญ่กว่าเซลล์ที่อยู่ภายในมาก คอกลายนาถึงแต่เริ่มเกิดขึ้นถึงคอกบานและพร้อมที่จะผสมได้ใช้เวลาประมาณ ๗๐ วัน

การเจริญเปลี่ยนแปลงและพัฒนาของละอองเกสรตัวผู้

นับตั้งแต่คอกมีอายุประมาณ ๔๕ วัน นับจากตาช่อคอกที่มีขนาดสามารถเก็บศึกษาได้ การเจริญเปลี่ยนแปลงของ microspore mother cell ซึ่งเป็นเซลล์ขนาดใหญ่ nucleus cytoplasm ชั้น microspore mother cell จะแบ่งเซลล์แบบ meiosis ได้ microspore dyad (ภาพที่ ๖) และ microspore tetrad ตามลำดับ microspore tetrad เรียงตัวกันเป็นรูป squar (ภาพที่ ๗) หลังจากนั้นจะแยกตัวออกจากกันกลายเป็นละอองเกสรตัวผู้ (pollen) (ภาพที่ ๘) และเจริญเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วไปเป็นละอองเกสรตัวผู้ (pollen) ประกอบด้วย nucleus 2 nucleus คือ vegetative nucleus และ generative nucleus ในระยะที่ละอองเกสรตัวผู้ (pollen) แยกตัวออกจากกันส่วนของ tapetal cell เริ่มสลายตัวไปละอองเกสรตัวผู้ (pollen) ในคอกที่กำลังจะบานและพร้อมที่จะถ่ายเทละอองเกสรจะมีลักษณะ trilobate pollen (ภาพที่ ๙) เมื่อถูกน้ำหรือสารละลาย โดยเฉพาะสาร

ละลาย sacrose จะเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นทรงกลม

การเจริญพัฒนาของ Ovule

เมื่อคอกกลายนามีอายุประมาณ ๓๕ วัน ส่วนของ central primordium ที่อยู่ภายใน carpel ซึ่งเจริญขึ้นเป็นรังไข่จะยึดอาวรีนเป็น central column และมีจุดกำเนิดของ ovule เกิดขึ้นโดยที่ผนังของ placenta จะเริ่มปูดนูนออกมา (ภาพที่ ๑๐) และค่อย ๆ เจริญโค้งขึ้นไปทางด้านบน (ภาพที่ ๑๑) ในระยะนี้จะพบจุดกำเนิดของ integument ซึ่งมี ๒ ชั้น และพบจุดกำเนิดของ nucellus (ภาพที่ ๑๒) ระยะต่อมา integument ทั้ง ๒ ชั้น จะเจริญขึ้นมาหุ้มส่วนของ nucellus จนเหลือเป็นช่องเล็กๆ เรียกว่า micropyle ใน ovule ที่เจริญเต็มที่และจะหันด้าน micropyle เข้าหาส่วนของ placenta และขนานกับรอก (funiculus) (ภาพที่ ๑๓) การจัดเรียงตัวของ ovule ในลักษณะนี้เรียกว่า anatropous

การเจริญเปลี่ยนแปลงและพัฒนาของ Embryo Sac

Megaspore mother cell เกิดขึ้นตรงกลาง nucleus ในคอกกลายนา อายุประมาณ ๔๕ วัน นับตั้งแต่เกิดตาช่อคอก เซลล์จะมีขนาดใหญ่กว่าเซลล์ข้างเคียงและมี nucleus

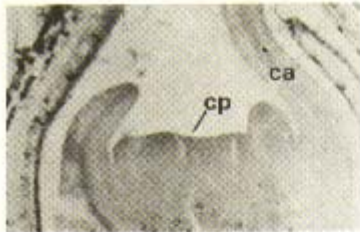


Figure 1. Longitudinal section of floral apex showing calyx and Central primordium 150 x, calyx apex comprises of calyx

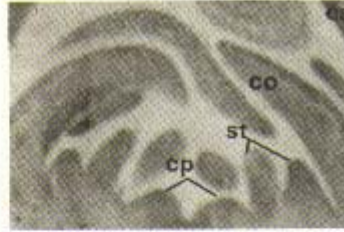


Figure 2. Floral apex comprises of calyx, Corolla stamen primordia and central primordium. 150 x; Calyx (Ca), Corolla (Co), Stamen primordia (St)



Figure 3. After ten days of flower appearance, the central primordium differentiated into carpel initial 150 x ; carpel initial (ci)



Figure 4. Cross section of an ovary composes of three locules. Each locule has two ovules which are arranged in an axil placentation type 150 x; locule (lo), Septum (stm), central column (cc)



Figure 5. After the formation of floral appendages is completed, the carpel initial elongates and forms style and stigma ; style (sl)

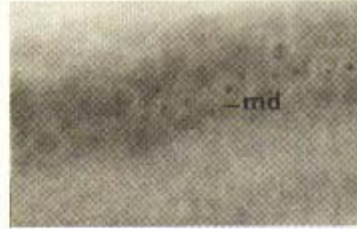


Figure 6. Longitudinal section of an Anther showing microspore dyad 150 x ; microspore dyad (md)

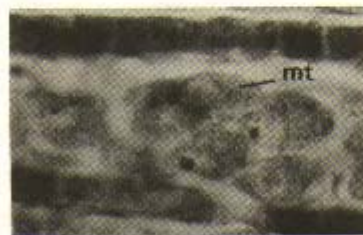


Figure 7. Longitudinal section of an Anther showing microspore tetrad 150 x ; microspore tetrad (mt)



Figure 8. The trilobate pollen grain consist in microsporangium 150 x ; pollen grain (pg)

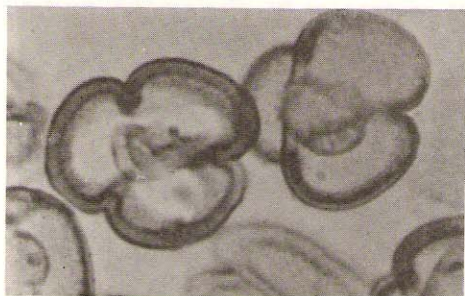


Figure 9. The trilobate pollen grain

1500 x



Figure 10. The ovule primordium arises

as a tiny protuberance on the placenta ; ovule protuberance (pr)

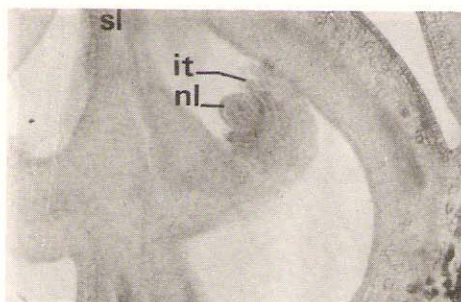


Figure 11. The ovule primordium with inner and outer integument turns upward toward the apex of the ovary ; integument (it) nucellus (nl), style (sl)

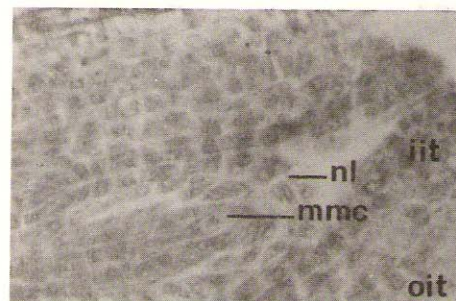


Figure 12. Longitudinal section of ovule showing the integuments elongate and become envelope ; megaspore mother cell (mmc) nucellus (nl), inner integument (iit), outer integument (oit)

ใหญ่เห็นได้ชัด (ภาพที่ ๑๔) ต่อมาจะมีการแบ่งเซลล์แบบ meiosis ได้ megaspore dyad (ภาพที่ ๑๕) และ megaspore tetrad ตามลำดับ megaspore tetrad นี้จะเหลือเพียงเซลล์เดียวทางด้าน micropyle ที่จะกลายเป็น functional megaspore และขยายใหญ่ขึ้นจน nucellus ออกไปให้ยืดยาวไปตามความยาวของ ovule เกิดเป็น embryo sac mother cell ต่อมา nucleus มีการแบ่งแบบ mitosis จนได้ 8 nuclei ซึ่งอยู่กันคนละระนาบทำให้ไม่สามารถเห็นได้ใน ๑ ชั้นตัวอย่าง

การถ่ายละอองเกสรตัวผู้และการผสมพันธุ์

ยอดเกสรตัวเมียของดอกยางนาพร้อมที่จะรับละอองเกสรตัวผู้ (receptive) ในระหว่างที่ดอกกำลังบาน ประมาณเวลา ๒๑.๐๐ น. โดยมี stigmatic fluid เยิ้มออกมา ละอองเกสรตัวผู้ที่ติดอยู่บนยอดเกสรตัวเมีย มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นรูปทรงกลมในเวลาประมาณ ๒๑.๓๕ น. อับละอองเกสรตัวผู้ปริตามรอยตะเข็บก่อนดอกบาน ๑-๒ วัน และจะแตกมากขึ้น เมื่อดอกกำลังจะบานโดยเฉพาะในช่วงเวลาประมาณ ๑๘.๐๐ น. อับละอองเกสรตัวผู้จะแตกตัวให้แตกออกอย่างเต็มที่ภายในดอกที่กำลังจะบาน ทำให้ละอองเกสรตัวผู้ฟุ้งกระจายอยู่

ภายในดอกทำให้ละอองเกสรตัวผู้ไปติดตามกลีบดอกและรอบๆ ก้านเกสรตัวเมีย ซึ่งมีขนมากมายคอยกักจับละอองเกสรอยู่ เมื่อยอดเกสรตัวเมียมีน้ำเยิ้มออกมาทำให้ดอกยางนามีกลิ่นหอม เป็นการดึงดูดแมลงกลางคืนและไรช่วยในการผสมเกสรด้วย หลังจากละอองเกสรตัวผู้ตกอยู่บนเกสรตัวเมีย และมีสภาวะที่เหมาะสมละอองเกสรตัวผู้ก็จะงอก pollen tube ลงไปตามคอเกสรตัวเมีย และเข้าผสมกับไข่โดยทาง micropyle ซึ่งจากการทดลองได้นำเอา fresh pollen มาเลี้ยงในสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยใช้เวลาสังเกตการงอกในทุกๆ ๒ ชม. พบว่า สารละลายเข้มข้น ๑๕% นั้นเหมาะสมกับการทดสอบความมีชีวิตของละอองเกสรตัวผู้ (pollen) มากที่สุด ดังตารางที่ ๑ และภาพที่ ๑๗

การเจริญเติบโตของ Embryo

หลังจากปฏิสนธิแล้วประมาณ ๒๐-๒๒ วัน Zygote (ภาพที่ ๑๖) จึงจะมีการแบ่งตัว โดยทางด้าน micropyle จะเจริญเป็น suspensor และ proembryo เจริญแบ่งตัวขยายใหญ่และยืดยาวเข้าไปใน embryo sac และ differentiate ต่อไปเป็นส่วนต่างๆ ของ embryo ที่สมบูรณ์อยู่ภายในเมล็ดโดยใช้เวลาประมาณ ๙๐ วัน หลังจากปฏิสนธิ

Table 1. Germination of *Dipterocarpus alatus* pollen in vitro

Concentration of solution		Total	Germination	% Germination
Water		0	0	0
Sucrose	5%	260	9	3.50
„	10%	953	86	9.02
„	15%	1,464	284	19.40
„	20%	539	22	4.08
„	25%	353	13	3.68

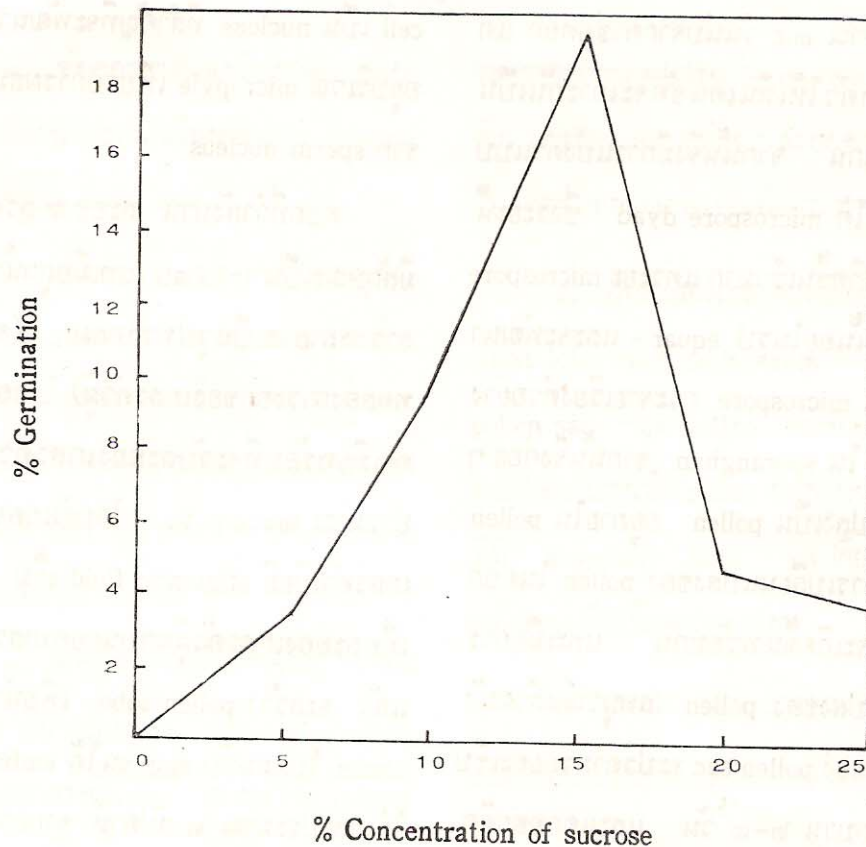
การพัฒนาการของเมล็ด

หลังจากปฏิสนธิแล้วส่วนต่างๆ ของดอก เช่น คอเกสรตัวเมียกับเกสรตัวผู้ และกลีบดอกได้เหี่ยว และร่วงไปยกเว้นกลีบเลี้ยงยังคงอยู่กับฐานของรังไข่ และกลีบเลี้ยงคู่หนึ่งที่ได้พัฒนาอย่างรวดเร็วในระยะแรกของการพัฒนาของกลีบเลี้ยงนี้มีการแปรสภาพไปเป็นปีกสีน้ำตาล เพื่อใช้ในการแพร่พันธุ์ของเมล็ดโดยอาศัยลม และในลักษณะเดียวกันรังไข่ก็เจริญเป็นผล และขยายขนาดใหญ่มากขึ้นจนเต็มที่จะใช้เวลาประมาณ ๑๒ สัปดาห์ ในขณะที่รังไข่เจริญเติบโตขึ้นก็ทำให้ความชื้นภายในผลสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งผลมีขนาดโตเต็มที่แล้ว หลังจากนั้นความชื้นภายในผลจะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งภายในผลลดลงถึง ๒๐% ซึ่งใช้เวลา

ประมาณ ๑๘ สัปดาห์หลังจากปฏิสนธิ และผลก็ร่วงหล่นจากต้น

วิจารณ์

ข้อคอกอย่างน่ามีจุดกำเนิดขึ้นที่ ๑ อกข้าง (axillary bud) คอกอย่างนี้ มีการเรียงตัวอยู่บนแกนกลางแบบ simple raceme อยู่ประมาณ ๓-๕ ดอก และในแต่ละข้อคอกจะมีดอกย่อยสำหรับกำเนิดส่วนต่างๆ ของดอกนั้นปรากฏว่ากลีบเลี้ยงเกิดก่อนกลีบดอก เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียตามลำดับ โดยที่กลีบดอกก็ยาวขึ้นไปจนเป็น closed hood ในขณะที่เดียวกันอับเกสรตัวผู้ มีการเจริญจากฐานรองดอกแล้วเจริญยืดยาวขึ้นไปจนก้านเกสรตัวผู้เชื่อมติดกันโดยรอบ ในขณะที่อับเกสรตัวผู้กำลังเจริญขึ้นนั้นเกสร

Figure 17. Germination of *Dipterocarpus alatus* pollen in sucrose solution

ตัวเมียก็เริ่มเกิดเป็นแ่งขึ้นตรงกลางของฐานรองดอก และพัฒนาต่อไปจนเป็นรังไข่ ก้านเกสรตัวเมีย และยอดเกสรตัวเมีย ซึ่งระยะเวลาของการพัฒนาของเกสรตัวผู้ และเกสรตัวเมียใช้เวลาใกล้เคียงกัน ซึ่งส่วนต่างๆ ของดอกเกิดขึ้นครบเมื่อดอกมีอายุประมาณ ๒๐ วันหลังจากเกิดตาช่อดอก แต่การเกิดตาช่อดอกและดอกส่วนมากจะชะงักงันได้ง่ายในระหว่างที่ยังเป็นตาอ่อนอยู่ ทำให้การกำหนดอายุของส่วนต่างๆ ไม่แน่นอน

สำหรับการเกิด carpel primordia นั้นเกิดจากตรงกลางของฐานรองดอกแล้วพัฒนายืดยาวขึ้นไปประกบกันเป็น stylar canal และเกิดเป็นร่องตอนปลายอยู่ ๓ ร่อง ส่วนโคนของ carpel จะเชื่อมติดกันเป็นรังไข่ ผังรังไข่ก้านในเป็นรอยต่อของ carpel ทั้ง 3 carpel แล้วเชื่อมติดกันที่ central column ซึ่งเจริญมาจากเนื้อเยื่อส่วนกลาง จนเกิดเป็น locule ขึ้น 3 locule

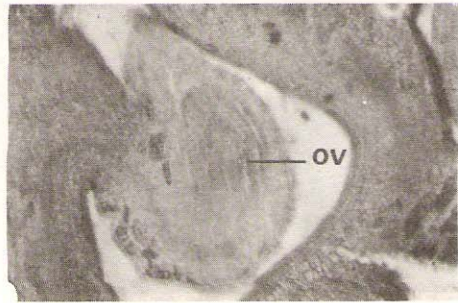


Figure 13. Longitudinal section of ovule showing an anatropous ovule; ovule (ov)



Figure 14. Longitudinal section of nucellus showing the cell division of archesporial cell and forms megaspore dyad; megaspore dyad (md)

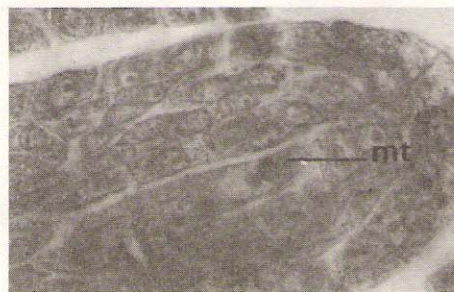


Figure 15. Longitudinal section of nucellus showing the megaspore tetrad (mt)

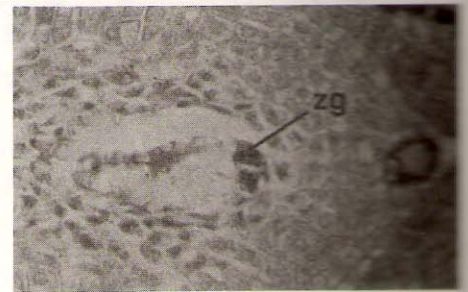


Figure 16. After fertilization the egg becomes zygote; Zygote (Zg)

Microspore mother cell เกิดในดอก อายุประมาณ ๓๕ วันนับจากตาช่อดอก แต่ยังไม่แยกตัวให้เห็นเด่นชัดจะเกาะกันเป็นแนวเดียวกัน จากนั้นจึงมีการแบ่งตัวแบบ meiosis ได้ microspore dyad ซึ่งระยะนี้เข้าใจว่าเกิดขึ้นเร็วมาก แต่ระยะ microspore tetrad นั้นอยู่ในรูป equar และจะพัฒนาต่อไปจน microspore กระจายเรียงตัวอย่างหลวมๆ ใน sporangium จากนั้นจึงค่อยๆ เปลี่ยนแปลงเป็น pollen อยู่ภายใน pollen sac ในการเปลี่ยนแปลงของ pollen ในดอกเดียวกันจะเกิดขึ้นพร้อมกัน และเมื่อการเปลี่ยนแปลงของ pollen สมบูรณ์แล้วผนังด้านข้างของ pollen sac จะปริตามรอยตะเข็บก่อนดอกบาน ๒-๓ วัน และแตกออกติด pollen ให้ฟุ้งกระจายอยู่ภายในก่อนดอกบานประมาณ ๒ ชั่วโมง

การเจริญของ ovule เกิดจากเนื้อเยื่อของ placenta บริเวณ central column ยืดยาวออกมาจนชนผนังด้านในของรังไข่แล้ววกกลับขึ้นด้านบนทำให้ส่วนของ nucellus หอดตัวแนบขนานไปกับ funiculus ทำให้ลักษณะของ ovule เป็นแบบ anatropous หลังจากนั้น nucellus ได้แบ่งตัวจนได้ megaspore mother cell ซึ่งจะทำหน้าที่แบ่ง

เป็น embryo egg nucleus ซึ่งจะเคลื่อนไป cell เป็น nucleus ที่สำคัญที่จะพัฒนาต่อไปอยู่บริเวณ micropyle เพื่อรอการผสมติดกับ sperm nucleus

ดอกที่กำลังบาน ละอองเกสรตัวผู้จะมีลักษณะเป็น trilobate แต่เมื่อถูกน้ำหวานสารละลายจะเป็นรูปทรงกลม (จากการทดลองการงอกของเกสรตัวผู้) ยอดเกสรตัวเมียพร้อมที่จะรับละอองเกสรตัวผู้แล้วประมาณ ๒๑.๐๐ น. โดยสังเกตจากยอดเกสรตัวเมียมี stigmatic fluid เหนียว และเมื่อละอองเกสรตัวผู้ตกบนยอดเกสรตัวเมียแล้ว จะสร้าง pollen tube เพื่อนำ sperm nuclei ไปผสมกับ egg จนได้ embryo ซึ่งใช้เวลาประมาณ ๒ สัปดาห์ จากการสังเกตด้วยตาเปล่าของดอกที่ถูกผสมแล้ว บริเวณรังไข่จะมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว และเมื่อศึกษาภายในปรากฏว่าส่วนล่างของรังไข่ติดกับฐานรองดอกมี endosperm สะสมอยู่มาก จึงทำให้รังไข่ขยายตัวออกไป ส่วน zygote เจริญเติบโตเป็น proembryo นี้ใช้เวลาประมาณ ๓๐ วัน นับตั้งแต่ดอกบานและผสมแล้ว proembryo จะหันส่วนของ embryo body ยื่นเข้าไปใน embryo sac embryo เป็นแบบ straight embryo

สรุป

๑. ช่อดอกยวงนาเจริญมาจาก mix bud ดอกแต่ละดอกเรียงตัวแบบ simple ceme อยู่บน main axis

๒. ดอกยวงนาเป็นดอกสมบูรณ์ (complete flower) ประกอบด้วยกลีบเลี้ยง ๕ กลีบ กลีบดอก ๕ กลีบ เกสรตัวผู้ ๑๕ อัน รังไข่มี 3 locule, 3 carpel การจัดเรียงตัวของ ovule เป็นแบบ axile placentation มี 3 locule และ ovule

๓. ดอกยวงนามีการเจริญจากชั้นนอกสุด คือ กลีบเลี้ยง, กลีบดอก, เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย ตามลำดับแต่การพัฒนาของกลีบเลี้ยง ๕ กลีบนี้ จะมีการพัฒนาไม่สม่ำเสมอโดยมีกลีบเลี้ยงคู่หนึ่งพัฒนาเร็วกว่ากลีบเลี้ยงอื่น ๆ เพื่อเจริญต่อไปเป็นเปลือกเมื่อผลแก่

๔. เกสรตัวเมียแปรสภาพเป็น carpel primordia ส่วนโคนเชื่อมติดกันตรงบริเวณ central column และขยายใหญ่เป็นรังไข่ส่วนปลายยืดยาวขึ้นไปประกบกันเป็นก้านชูเกสรตัวเมีย ยอดเกสรตัวเมียจะเป็นร่อง ๓ ร่อง และเริ่มระยะ receptive period

ระหว่างดอกบานประมาณ ๒๑.๐๐ น. และเกิด fertilization หลังจาก ละอองเกสรตัวผู้ไปตกอยู่บนยอดเกสรตัวเมียประมาณ ๑ วัน

๕. อับละอองเกสรตัวผู้มีอยู่ 2 lobe แต่ละ lobe มี 2 pollen sacs ในแต่ละ pollen sac จะมี pollen ที่มีลักษณะแบบ trilobate และเมื่อ pollen ตกอยู่บน stigma ที่มี stigmatic fluid จะเปลี่ยนรูปจาก trilobate ไปเป็นรูปทรงกลม

๖. Ovule ของดอกยวงนาเป็นแบบ anatropous ประกอบด้วย outer integument ๑ ชั้น และ inner integument อีก ๑ ชั้น และไขในดอกยวงนาเจริญทางด้าน micropyle และ endosperm เจริญทางด้าน charazalend และเพิ่มจำนวนมากขึ้น

๗. Zygote เริ่มแบ่งตัวหลังจากเกิดปฏิสนธิแล้วประมาณ ๓๐ วัน และเจริญขึ้นเป็น embryo อยู่ทางด้าน micropyle หนัค้าน epicotyle ไปทางด้าน charazal end และการเรียงตัวของ embryo เป็นแบบ straight embryo

เอกสารอ้างอิง

- เทียมใจ ตูดยาทร. ๒๕๒๓. กายวิภาคของ
พฤษ. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยา-
ศาสตร์และอักษรศาสตร์ ม. เกษตร
ศาสตร์.
- มนัส สุจิพันธ์. ๒๕๒๕. ไมโครเทคนิค
ทางพืช. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะ
วิทยาศาสตร์ ม. เกษตรศาสตร์.
- สมคิด สิริพัฒน์กลก. ๒๕๑๗. ความเจริญ
เปลี่ยนแปลงของดอกสัก. รายงาน
วนศาสตร์วิจัย เล่มที่ ๓ คณะวนศาสตร์
ม. เกษตรศาสตร์.
- สง่า สรรพศรี และอรรถ บุญนิธิ. ๒๕๑๐.
การเจริญเติบโตของต้นไม้ยางนาในป่า
ธรรมชาติ. รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่ม
ที่ ๑ คณะวนศาสตร์ ม. เกษตรศาสตร์.
- สุรีย์ ภูมิภมร. ๒๕๒๒. เมล็ดพรรณไม้
ในเขตร้อน. ภาควิชาวนวัฒนวิทยา
คณะวนศาสตร์ ม. เกษตรศาสตร์.
- Esau, K. 1976. Antomy of Seed Plant.
John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Sass, J.E. 1958. Botanical Microtech-
nique. The Iowa State University
press, Ames, Iowa.
- Troup, R.S. 1921. The Silviculture of
Indian Trees. At the Clarendon
Press, Oxford. Vol I.
- Swamny, B.G.L. & K.V. Krishnamurthy.
1980. From Flower to Fruit.
TATA McGraw-Hil Publishing Co.,
Ltd, New Dlele.

THAI JOURNAL OF FORESTRY

Volume 8 Number 1, 1989

ISSN 0857-1724

Predicting Productivity of Natural Pines Grown at Ban Wat Chan

Royal Project, Chiangmai

.....Sunanta Kajornsrichon, Bunvong Thaiutsa and Santisuck Prasitsak 1

Delignification of Khasya Pine, Persian Lilac and Bamboo By Sulfate Process

.....Preecha Kiatgrajai 12

Production and Utilization of Rubber Wood in Thailand : I. Plantation Areas and Wood Production

.....Chavalit Urapeepatanapong 28

Pore Size Distribution of Soils in the Tropical Rain Forest and the Rubber Plantation in Southern Thailand

.....Samakkee Boonyawat and Chaiwat Kongsom 42

Above-Ground Net Primary Productivity, Firewood Production and Charcoal Properties of 5 Tree Species

.....Sarayudh Bunyavejchewin 60

Responses of *Fraxinus griffithii* C.B. Clarke to Fertilizer Application and Weed Control

.....Siripun Taweesuk, Bunvong Thaiutsa, San Kaitpraneet, and Somkid Siripatanadilok 70

Flower Development of *Dipterocarpus alatus*

.....Sudarath Ngamkhajornwiwat and Kowit Chaisuresri 90

THE OFFICIAL JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY KASETSART UNIVERSITY
PUBLISHED BY FORESTRY RESEARCH CENTER KASETSART UNIVERSITY BANGKOK 10903 THAILAND