บทที่ 3

การวิจัยชีววิทยาดอกและการเจริญเติบโตของดอกสะตอ

Floral biology and development of Stinkbean

รศ. ช่อทิพย์ ปุรินทวรกุล และ ผศ. ดร. อุปถัมภ์ มีสวัสดิ์

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

หลักการและเหตุผล

ดอกเป็นอวัยวะที่ใช้ในการสืบพันธุ์ของพืชมีดอก (angiosperm) เปลี่ยนแปลงมาจากกิ่งทั้งกิ่ง ดอกเกิดจากตาดอก (floral bud) หรือตาผสม (mixed bud) ซึ่งเป็น apical meristem โดยเปลี่ยนจาก vegetative meristem ไปเป็น reproductive meristem ขั้นแรกของการเจริญเริ่มจากจุดกำเนิดของดอก (floral primodium) มักจะมีลักษณะโค้งนูน โดยมีใบประดับ (bract) หรือ เกล็ดหุ้มตา (bud scale) ห่อหุ้มปกป้องอันตราย ต่อมาเซลล์แบ่งตัวมากขึ้น เกิด initial cell บริเวณไหล่ทั้งสองข้างของ central primodium มีการแปรสภาพ (differentiation) ก่อตัวเป็นจุดกำเนิดของกลีบเลี้ยงและการเจริญของกลีบเลี้ยง (sepal) หลังจากนั้นจะเจริญเป็นส่วนของกลีบดอก (petal) เกสรเพศผู้ (stamen) และเกสรเพศเมีย (pistil) ตามลำดับ โครงสร้างของกลีบเลี้ยงและกลีบดอกจะคล้ายกับใบเพียงแต่ไม่มีชั้น palisade parenchyma ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ parenchyma ผนังบาง ถ้าเป็นกลีบเลี้ยงจะมีเม็ดคลอโรพลาสต์อยู่ภายในเป็นจำนวนมาก (ภูวดล, 2547) ส่วนในกลีบดอกที่มีสีสวยงามเกิดมาจากสีของสารในโครโมพลาสต์พวก carotenoid และใน cell sap ได้แก่ พวก flavonoid ที่สำคัญคือ anthocyanin (เทียมใจ, 2542)

การบานของดอกสังเกตได้ก่อนดอกบานหนึ่งวัน โดยเห็นกลีบดอกเริ่มแยกออกจากกัน สีของช่อดอกเริ่มเปลี่ยนไปตามระยะการบานของดอกย่อยแต่ละชนิด (Grunmeier, 1990; Wee and Rao, 1980) โดยดอกย่อยเพศผู้จะบานก่อน ถัดมาเป็นดอกย่อยสมบูรณ์เพศ และดอกย่อยผลิตน้ำหวานโดยที่ก้านชูเกสรเพศผู้จะขดอยู่ในกลีบดอก (Grunmeier, 1990; Hopkins, 1984; Wee and Rao, 1980) เมื่อดอกย่อยบานหมดในช่วงค่ำอับเรณูของดอกย่อยสมบูรณ์เพศเริ่มปลดปล่อยเรณู และดอกย่อยผลิตน้ำหวานหลั่งน้ำหวานหลังดอกบาน 2 – 3 ชั่วโมง ก้านเกสรเพศเมียของดอกย่อยสมบูรณ์เพศจะยื่นส่วนของยอดเกสรเพศเมียออกมาพ้นกลีบดอก (Grunmeier, 1990; Hopkins, 1984) ใน

Faidhebia albida (Del.) A. Chev. ดอกย่อยที่ติดกับฐานช่อดอกจะบานก่อนแต่มีการติดผลน้อย ส่วนดอกย่อยที่อยู่ส่วนปลายของช่อดอกจะบานทีหลังแต่มีการติดผลมากถึง 65 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการบานของไม้ผลชนิดอื่นที่ได้รับการศึกษามาก่อน คือ ดอกพุทรา (*Zizyphus mauritiana* Lank.) พันธุ์ Chico ใช้เวลาในการบานของดอกนาน 3 เดือน ดอกบานมากที่สุดที่เวลา 7.00 - 10.00 นาฬิกา (Lyrene, 1983) มะนาวพันธุ์ Kagzi (*Citrus aurantifolia* Swingle.) ดอกบานมากที่สุดที่เวลา 10.00 - 12.00 นาฬิกา (Rohidas และ Chakrawar, 1989) การบานของดอกทุเรียน (*Durio zibethinus* L.) ใช้เวลาประมาณ 9 วัน เกสรเพศผู้เริ่มบานเวลา 18.00 - 19.00 นาฬิกา เกสรเพศเมียเริ่มบานเวลา 13.00 - 14.00 นาฬิกา (นพรัตน์, 2531) การบานของดอกมะม่วงหิมพานต์ (*Anacardium occidentale* L.) ในดอกกระเทย เริ่มบานหลังจากดอกเพศผู้บานที่เวลา 9.00 - 13.00 นาฬิกา และดอกกระเทยจะบานมากที่สุดที่เวลา 10.00 - 11.00 นาฬิกา (วิจิตต์, 2535)

ระยะเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ ถูกสร้างขึ้นในส่วนของเกสรเพศผู้ ที่ประกอบด้วยก้านชูเกสรเพศผู้ (filament) และอับเกสรเพศผู้ (anther) ซึ่งประกอบขึ้นเป็นถุง 4 ถุง (microsporengium หรือ pollen sac) ที่เชื่อมติดกันและเกาะติดกับก้านชู บริเวณกึ่งกลางของแต่ละถุงเป็นกลุ่มเซลล์ที่เรียกว่า microspore mother cells หรือ pollen mother cells (PMCs) ที่ล้อมรอบด้วยเนื้อเยื่อที่เรียกว่า tapetum (ลิลลี่, 2546) ซึ่งเกิดจากการแบ่งตัวแบบไมโทซิสของ microsporogenous tissue หลังจากนั้น PMCs แบ่งตัวแบบไมโอซิส ได้ไมโครสปอร์ (microspore) ในแต่ละไมโครสปอร์มีการแบ่งตัวแบบไมโทซิส ได้ 2 นิวเคลียส นั่นคือ tube nucleus (vegetative cell) และ generative nucleus จึงเรียกไมโครสปอร์ในระยะนี้ว่า เรณู (pollen) เมื่อเรณูเจริญเต็มที่และมีความพร้อมในการถ่ายเรณู เรณูจะมีการเจริญของ pollen tube ออกมา จากนั้น generative nucleus จะมีการแบ่งตัวแบบไมโทซิสอีกครั้งได้ 2 สเปิร์ม แต่ละสเปิร์มมี 1 นิวเคลียส ส่วน tube nucleus จะทำหน้าที่สลายผนังออวุล(ovule) เพื่อให้แต่ละสเปิร์มเข้าไปผสมกับเซลล์ไข่ (egg cell) เกิดเป็นไซโกต (zygote) ที่มีโครโมโซม 2 ชุด และผสมกับ polar nuclei เกิดเป็นเอนโดสเปิร์ม (endosperm) ที่มีโครโมโซม 3 ชุด (Fahn, 1982)

เรณูของพืชในสกุล *Parkia* เป็นแบบกลุ่ม (polyad) คือมีเรณูหลายเม็ดเกาะติดกันเป็นกลุ่ม อาจมีจำนวน 8, 16 และ 32 เม็ดต่อ กลุ่มเรณูมีอัตราส่วนของกลุ่มเรณูต่อรังไข่มาก (Wee and Rao, 1980) ใน *P. nutida* อัตราส่วนของกลุ่มเรณูต่อรังไข่ในแต่ละดอกประมาณ 2,560 : 1 และเมื่อคิดอัตรากลุ่มเรณูต่อรังไข่ทั้งต้น 280,000 : 1 (Hopkins, 1984)

ระยะที่เป็นเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย เกิดในส่วนของเกสรเพศเมีย (pistil) ซึ่งประกอบด้วยยอดเกสรเพศเมีย (stigma) ก้านชูเกสรเพศเมีย (style) และรังไข่ (ovary) ภายในมีออวุล (ovule) ที่ยึดติดกับผนังรังไข่ด้วยก้านออวุล (funiculus) ในระยะที่ดอกกำลังเริ่มมีพัฒนาส่วนต่างๆ ภายในรังไข่จะมีออวุลเจริญขึ้นโดยเกิดจากเซลล์บริเวณของรก (placenta) แบ่งตัวเจริญเป็นติ่งเล็กๆ ยื่นเข้าสู่ช่องว่างกลางรังไข่เป็นจุดกำเนิดของออวุล (ovule primodium) ต่อมาเจริญพัฒนาเป็นออวุล มีผนังออวุล 2 ชั้น ชั้นนอกเรียกว่า outer integument ชั้นในเรียกว่า inner integument ผนังออวุลจะเชื่อมกันไม่สนิทเกิดเป็นรูตรงปลายเรียกว่า micropyle เป็นทางเข้าของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ ภายในออวุลมีเนื้อเยื่อ parenchyma ผนังบางเรียกว่า nucellus และมีอยู่เซลล์หนึ่งในกลุ่มนี้เจริญใหญ่ขึ้นเป็นเซลล์ของแม่ (megaspore mother cell) ต่อมาแบ่งตัวแบบไมโอซิสได้ megaspore (n) 4 เซลล์ สลายไป 3 เซลล์เหลือ 1เซลล์ เมกกะสปอร์ที่เหลือแบ่งตัวแบบไมโทซิสติดต่อกัน 3 ครั้ง ได้ 8 นิวเคลียส และเจริญเปลี่ยนแปลงให้เซลล์ไข่ 1 นิวเคลียส และ polar nuclai 2 นิวเคลียส (ภูวดล, 2547) อีก 3 นิวเคลียสอยู่ตรงข้ามกับ micropyle เรียกว่า antipodal และอีก 2 นิวเคลียสจะอยู่ด้านข้างของเซลล์ไข่เรียกว่า synergid (ลิลลี่, 2546)

ในพืชวงศ์ย่อย Mimosoideae ทั่วไปส่วนมากจะมีจุดเริ่มต้นของสปอร์เป็นแบบเดียว (monosporic) และมีการเจริญแบบ Polygonum type มีเซลล์ไข่อยู่ตรงข้ามกับขั้ว (Davis, 1996; Prakash, 1987) และการติดของออวุลกับรกใน *Adesmia latifolia* เป็นแบบเฮมิอะนาโทรพัส (hemianatropous) (Maria et al., 2003) ส่วนในชนิดอื่นๆ มีการติดของออวุลแบบอะนาโทรพัส (anatropous) (Bocquet & Bersier, 1960; Bor, 1978; Bouman & Boesewinkel, 1991)

ปัจจุบันสะตอเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคใต้ การปล่อยให้ขึ้นอยู่ตามสภาพธรรมชาติทำให้ได้ผลผลิตค่อนข้างต่ำและการเก็บเกี่ยวผลผลิตค่อนข้างลำบากเพราะเป็นไม้ป่าที่มีขนาดใหญ่ การศึกษาชีววิทยาดอกสะตอจะเป็นแนวทางที่จะพัฒนาให้ได้สะตอที่สามารถออกดอกได้มากขึ้นและเป็นการอนุรักษ์พันธุ์พืชป่าที่มีศักยภาพเป็นพืชที่ทำรายได้ให้แก่ท้องถิ่นต่อไป

วิธีการวิจัย

1. สำรวจพื้นที่ที่มีการปลูกสะตอในภาคใต้ฝั่งตะวันตกและภาคใต้ฝั่งตะวันออก

2. การศึกษาลักษณะพันธุ์และสัณฐานวิทยาของแต่ละพันธุ์ของสะตอ

ทำการศึกษาโครงสร้างของพืช คือ ใบ และดอก โดยศึกษาดอกจากช่อดอกที่บานเต็มที่ในดอกย่อยทั้ง 3 ชนิด คือ ดอกย่อยเพศผู้ที่เป็นหมัน ดอกย่อยเพศผู้ และดอกย่อยสมบูรณ์เพศ

3. การศึกษาการเจริญของดอก

3.1. ศึกษาการบานของดอก

การศึกษาการบานของดอกในวันและเวลาต่างๆ โดยเก็บข้อมูลจากช่อดอกเดียวกันกับการศึกษาระยะการเจริญของดอก โดยแบ่งการบันทึกข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ

3.1.1. บันทึกจำนวนช่อดอก และบันทึกการบานของช่อดอกแรกบานจนถึงวันสุดท้ายที่มีช่อดอกบานตามลำดับ โดยทำการบันทึกข้อมูลที่เวลา 16.00 นาฬิกา แล้วนำข้อมูลจำนวนช่อดอกที่บานของแต่ละต้นในแต่ละวันมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

3.2.2. ส่วนที่สอง บันทึกข้อมูลการบานของดอกในแต่ละช่วงเวลาของวันที่ช่อดอกแรกบาน โดยเริ่มทำการบันทึกที่เวลา 12.00 ถึง 24.00 นาฬิกา พร้อมบันทึกภาพ

3.2. ศึกษาระยะการเจริญของดอก

ทำการศึกษาในช่วงที่สะตอมีการออกดอก โดยคัดเลือกต้นสะตอที่โตเต็มที่ในแปลงที่มีขนาดช่อดอกใกล้เคียงกัน และมีความสูงของช่อดอกจากพื้นไม่มากนัก แล้วจึงทำการเลือกช่อดอกที่เพิ่งแทงช่อออกมาจากต้นทุกทิศทางของลำต้น พร้อมทำเครื่องหมายและบันทึกการเจริญของดอกที่ เวลา 16.00 นาฬิกาทุกวัน โดยสังเกตสี การขยายตัวของช่อดอกและวัดขนาดของช่อดอก จนกระทั่งช่อดอกเจริญเต็มที่และติดผล บันทึกภาพทุกระยะของช่อดอก

4. ศึกษาเปรียบเทียบกลุ่มเรณูจากดอกย่อยเพศผู้กับกลุ่มเรณูจากดอกย่อยสมบูรณ์เพศ

4.1. ศึกษาการงอกของหลอดเรณู

1. หยดน้ำตาลซูโครส 10 เปอร์เซ็นต์ (น้ำตาลทราย 10 กรัม : น้ำ 100 มิลลิลิตร) 3 หยด ในสไลด์หลุม แล้วนำอับเรณูของดอกย่อยเพศผู้และดอกย่อยสมบูรณ์เพศมาบี้ให้อับเรณูแตกโดยใช้ 1 อับเรณูต่อ 1 หลุม เมื่อได้สไลด์ที่ต้องการแล้ว ให้นำสไลด์ไปวางในกล่องพลาสติกที่

มีความชื้น ทำทั้งหมด 13 ชุดต่อ 1 ชนิดดอกย่อย โดยชุดแรกเริ่มที่เวลา 0 ชั่วโมง ชุดต่อไปเพิ่มระยะเวลาแช่ ชุดละ 2 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดเวลาของแต่ละชุดให้หยด น้ำยา เอฟ เอ เอ เพื่อหยุดการงอกของหลอดเรณู

2. นำกลุ่มเรณูที่ได้แต่ละชุดมาศึกษาการงอกของหลอดเรณูด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (ถ้าเห็นไม่ชัดอาจย้อมสไลด์ด้วยสีซาฟรานิน) พร้อมกับบันทึกภาพ

4.2. ศึกษาความมีชีวิตของเรณู

1. เตรียมสารละลาย 2,3,5-Triphenyltetrazolium chloride (TTC) ที่ระดับความเข้มข้น 0.2 – 1 เปอร์เซ็นต์ (ควรเก็บสารละลาย TTC ไว้ในที่มืด เช่น ในขวดสีชาหรือห่อขวดด้วยกระดาษอะลูมิเนียม หรือเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นจะเก็บได้นานประมาณ 2 สัปดาห์)

2. นำอับเรณูของดอกย่อยเพศผู้และดอกย่อยสมบูรณ์เพศมาขยี้ ใส่ลงในหลอดก้นแหลม โดยแยกชนิดของดอกย่อยชนิดละ 1 หลอด

3. เติมสารละลายน้ำตาลซูโครส 10 เปอร์เซ็นต์ และสารละลาย TTC ในปริมาณที่เท่ากันลงในหลอดก้นแหลม หลังจากนั้นเขย่าสารละลายให้เข้ากัน และใช้กระดาษอะลูมิเนียมห่อหลอดก้นแหลมและตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3 ชั่วโมง

4. หลังจากนั้นดูดสารละลายมาหยดลงบนสไลด์ ปิดด้วยแผ่นปิดสไลด์ ศึกษาความมีชีวิตของเรณู (เรณูที่ติดสีแดงแสดงว่ามีชีวิต) ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง พร้อมกับบันทึกภาพ

5. ศึกษากายวิภาคของดอกย่อยเพศผู้เป็นหมัน ดอกย่อยเพศผู้ และดอกย่อยสมบูรณ์เพศ

ศึกษากายวิภาคของดอกย่อยเพศผู้เป็นหมัน ดอกย่อยเพศผู้ และดอกย่อยสมบูรณ์เพศด้วยวิธีพาราฟินดัดแปลงจากวิธีของ Johansen (1940)

1. นำดอกย่อยเพศผู้เป็นหมัน ดอกย่อยเพศผู้ และดอกย่อยสมบูรณ์เพศในระยะต่างๆ มาแช่ในน้ำยาพีทรุงเควิทช์ (petrunkevitsch' fluid) (40% alcohol 125 ml.:glacial acetic acid 27.5 ml.: concentrated nitric acid 2.5 ml.: mercuric chloride จนอิ่มตัว) เป็นเวลา 12 - 20 ชั่วโมง

2. นำมาล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆ ครั้ง

3. ทำการขจัดน้ำออกจากเนื้อเยื่อ ด้วยวิธี ethyl-buthyl alcohol seris ที่ระดับ 1 - 12 ระดับละ 2 ชั่วโมง

4. เทพาราฟินที่หลอมตัวอยู่ในตู้หลอมพาราฟินที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิสูงกว่าจุดหลอมเหลวของพาราฟินเล็กน้อย) ลงในหลอดแก้วประมาณ 1 ใน 3 ส่วน แล้วปล่อยทิ้งไว้จนพาราฟินแข็งตัว จากนั้นจึงเทน้ำยาระดับที่ 12 พร้อมด้วยดอกลงบนพาราฟินที่แข็งตัวแล้วด้วยอัตราส่วน 1 : 1 แล้วนำหลอดแก้วไปเก็บในตู้หลอมพาราฟินทันที ทิ้งไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง จึงเปลี่ยนพาราฟินใหม่ ทำเช่นนี้ทุกๆ 2 ชั่วโมง อีก 3 ครั้ง พาราฟินจะแทรกซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อ (infiltration) จากนั้นจึงนำดอกมาฝังลงในพาราฟินด้วยเครื่องฝังพาราฟิน

5. นำเนื้อเยื่อที่ได้มาตัดด้วยเครื่องตัดเนื้อเยื่อ ให้เนื้อเยื่อมีความหนา 5 - 10 ไมโครเมตร แล้วนำริบบอน (paraffin ribbons) วางบนแผ่นสไลด์ (affixing) โดยใช้ Haupt's adhetive และฟอร์มาลิน 3 เปอร์เซนต์ แล้ววางแผ่นสไลด์บนเครื่องอุ่นสไลด์ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ 42 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 วัน หลังจากนั้นนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 - 3 วัน (หรือจนกระทั่งแผ่นสไลด์แห้งสนิท) จากนั้นจึงนำเนื้อเยื่อบนสไลด์มาละลายพาราฟินออก (deparaffinization)

6. ย้อมสี (staining) ซาฟรานินและฟาสท์กรีน (safranin and fast green) หรือย้อมด้วยสีฮีมาท็อกไซลินและซาฟรานิน (hematoxylin and safranin)

7. ศึกษาลักษณะการเจริญของดอกย่อยและการเจริญของรังไข่พร้อมทั้งบันทึกภาพ

6. ศึกษาปริมาณน้ำหวานในช่อดอก

1. วัดปริมาณน้ำหวานโดยใช้หลอดแก้วขนาดเล็ก (microcapillary tube) ดูดเอาน้ำหวานตรงตำแหน่งดอกย่อยเพศผู้ตั้งแต่เวลา 18.00 - 23.00 นาฬิกา แล้วบันทึกผล

2. นำน้ำหวานที่เก็บได้มาทำการวัดความเข้มข้นด้วยเครื่องมือ hand refractometer ที่มีช่วงความเข้มข้น 0-32 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ แล้วบันทึกผล

3. นำน้ำหวานที่เก็บได้ไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบของน้ำหวานด้วยวิธีการโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง (high performance liquid chromatography, HPLC) แล้วบันทึกผล

7. ศึกษาชีวพาหะที่สัมพันธ์กับการเจริญของช่อดอกสะตอ

1. สุ่มเลือกต้นสะตอที่อยู่ในระยะช่อดอกบานเต็มที่

2. สังเกตพร้อมบันทึกชนิดและพฤติกรรมของชีวพาหะที่เข้ามาเยือนช่อดอกสะตอที่กำลังบาน โดยเก็บข้อมูลทุกๆ 15 นาทีแรกของทุกๆ ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 18.00 - 23.00 นาฬิกาแล้วบันทึกผล

3. ใช้สวิงจับชีวพาหะที่เข้ามาเยือนช่อดอกสะตอและทำให้ชีวพาหะสลบ

4. จำแนกชีวพาหะโดยตรวจสอบชนิดของชีวพาหะ

5. บันทึกภาพชีวพาหะทุกชนิดที่เฝ้าสังเกตได้

ผลการวิจัย

1. สำรวจพื้นที่ที่มีการปลูกสะตอในภาคใต้ฝั่งตะวันตกและภาคใต้ฝั่งตะวันออก

จากการสำรวจในพื้นที่ของเกษตรกรทั้งในภาคใต้ฝั่งตะวันตกและฝั่งตะวันออกของคาบสมุทรมลายูในเขตจังหวัดพัทลุง สงขลา และ ตรัง พบพันธุ์สะตอทั้งสะตอข้าว และสะตอดาน และได้เลือกพื้นที่ ที่เป็นพื้นที่ในการศึกษาชีววิทยาดอกและการเจริญของดอกสะตอทั้งสะตอข้าว และสะตอดานในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

2. ศึกษาลักษณะพันธุ์และสัณฐานวิทยาของแต่ละพันธุ์ของสะตอ

2.1. ลักษณะพันธุ์ของสะตอ

สะตอเป็นไม้ยืนต้น สูงประมาณ 30 เมตร แตกกิ่งก้าน ไม่มีหนาม ใบมีก้านใบยาว 2.2 – 6 เซนติเมตร มีต่อมรูปกลมหรือค่อนข้างรีอยู่สูงขึ้นมาจากโคนก้านใบประมาณ 2 - 4 มิลลิเมตร แกนกลางใบ ยาว 18 – 30 เซนติเมตร มีต่อมรูปกลมหรือค่อนข้างรี อยู่ระหว่างรอยต่อของส่วนปลายใบย่อยชั้นที่หนึ่งขนาด 1 – 2 มิลลิเมตร ใบย่อยชั้นที่หนึ่งมีประมาณ 14 – 18 คู่ ยาว 3.5 – 5 เซนติเมตร (อาจยาวได้ถึง 9 เซนติเมตร) มีต่อมรูปกลมอยู่บริเวณด้านล่างรอยต่อใบย่อยส่วนปลายชั้นที่สองของคู่ที่ 1 - 3 ขนาดประมาณ 0.1 - 0.2 มิลลิเมตร ใบย่อยชั้นที่สองมีประมาณ 31 – 38 คู่ต่อหนึ่งใบย่อยชั้นที่หนึ่ง เป็นรูปยาวเรียว ส่วนล่างของฐานใบมีติ่งเป็นหนามอยู่ ส่วนปลายกลมแหลมหรือตัดตรง เส้นใบอยู่กลางมีน้อยที่อยู่เอียง เส้นใบย่อยด้านข้างเห็นได้ชัดที่ด้านล่างของใบย่อย ลักษณะของดอกย่อยจะมีความแตกต่างกันทั้งลักษณะโครงสร้างและขนาดดอก คือ กลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมียแตกต่างกัน จากลักษณะโครงสร้างและหน้าที่ของดอกสามารถแบ่งดอกย่อยได้เป็น 3 ชนิด คือ ดอกย่อยสมบูรณ์เพศ (ซึ่งเป็นดอกย่อยที่ติดผล) ดอกย่อยเพศผู้ที่เป็นหมัน และดอกย่อยเพศผู้ จำนวนดอกย่อยในสกุลนี้มีประมาณ 4,000 ดอก ผลเป็นฝัก ยาว 36 – 45 เซนติเมตร กว้าง 3 - 5 เซนติเมตร ส่วนมากจะบิดเป็นเกลียว บริเวณที่เป็นเมล็ดจะบวมออก เมล็ด

เรียงตัวตามขวางของฝัก ยาวประมาณ 22.5 – 25 มิลลิเมตร กว้าง 15 – 20 มิลลิเมตร เกือบกลม มีเปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกบางๆ หุ้มอยู่

พันธุ์สะตอที่รู้จักและพบเห็นวางขายอยู่ตามท้องตลาด โดยอาศัยการจำแนกจากลักษณะของฝัก รสชาติและกลิ่นมีดังนี้

สะตอข้าว ฝักจะมีลักษณะเป็นเกลียว มีทั้งขนาดฝักสั้นและยาว โดยเฉลี่ยแล้วขนาดของฝักยาวประมาณ 31 เซนติเมตร กว้างประมาณ 4 เซนติเมตร จำนวนเมล็ดต่อฝักมีประมาณ 10 – 20 เมล็ด จำนวนฝักต่อช่อประมาณ 8 – 20 ฝัก ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของต้น การสะสมอาหาร ในด้านรสชาติของสะตอข้าวจะมีกลิ่นไม่ฉุนนักและเนื้อเมล็ดก็ไม่ค่อยแน่น จึงเป็นที่นิยมสำหรับผู้บริโภคมากพอสมควร อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 3 – 5 ปี

สะตอดาน หรือสะตอกระดาน ฝักจะมีลักษณะแบนตรง สีเขียวแก่ คล้ายๆ กับแผ่นกระดานไม้ ไม่บิดเบี้ยวเหมือนสะตอข้าว คือยาวประมาณ 32 เซนติเมตร ความกว้าง กว้างกว่าสะตอข้าว ขอบฝักจะห่างจากเมล็ดและมีขนาดหนา เมล็ดมีขนาดใหญ่ ในส่วนเมล็ดต่อฝักก็มีประมาณ 10 – 20 เมล็ด จำนวนฝักต่อช่ออาจน้อยกว่าสะตอข้าว คือ ประมาณ 8 – 15 ฝัก ซึ่งขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของต้นด้วยเช่นกัน ส่วนรสชาติ กลิ่นค่อนข้างฉุนจัดและเนื้อเมล็ดก็แน่นกว่าสะตอข้าว เป็นที่นิยมกับผู้บริโภคพอสมควรเช่นกัน อายุการเก็บเกี่ยว 5 – 7 ปี

2.2 สัณฐานวิทยาของแต่ละพันธุ์ของสะตอ

ช่อดอกของสะตอทั้งสะตอข้าวและสะตอดานมีลักษณะโครงสร้างของดอกย่อยทุกประเภทเหมือนกันทุกประการ เป็นดอกช่อแบบ head ใน 1 ช่อ มีดอกย่อย 3 ชนิด เรียงลำดับจากตำแหน่งปลายช่อดอกดังนี้ คือ ดอกย่อยสมบูรณ์เพศ:ดอกย่อยเพศผู้:ดอกย่อยเพศผู้ที่เป็นหมัน ซึ่งในสะตอข้าวมีสัดส่วนโดยประมาณเป็น 16:5:1 ดอกย่อยต่อช่อ และสะตอดาน มีสัดส่วนโดยประมาณเป็น 9:2:1 ดอกย่อยต่อช่อ

ลักษณะดอกย่อยสมบูรณ์เพศในสะตอข้าวและสะตอดาน

สะตอข้าว มีดอกสมบูรณ์เพศอยู่ตำแหน่งปลายสุดของช่อดอก ดอกย่อยจะมีใบประดับรองรับดอก 1 ใบ ยาว 0.7 - 0.8 เซนติเมตร กว้าง 0.08 - 0.09 เซนติเมตร ปลายกว้างกว่าฐานงุ้มไปด้านหน้า รูปร่างยาวเป็นสันสามเหลี่ยม สีขาวอมเหลือง มีขนสีขาวสั้นๆ กลีบเลี้ยง 5 กลีบเชื่อมติดกันโดยที่มี 2 กลีบกว้างและหนากว่ากลีบอื่นๆ ปลายกลีบงุ้มเข้า ยาว 0.8 - 0.9 เซนติเมตร สีขาวอมเหลืองปลายกลีบสีเหลืองเข้ม ผิวกลีบเกลี้ยงมีต่อมใสทั่วๆ กลีบ ปลายกลีบมีขนสั้นๆ กลีบดอกเป็นเยื่อ

บางๆ 5 กลีบเชื่อมติดกัน ปลายกลีบรูปหอก ยาว 1 - 1.2 เซนติเมตร สีขาวอมเหลืองปลายกลีบมีขนสั้นๆ เกสรเพศผู้มี 10 - 17 ก้านเชื่อมติดกันตรงโคน ยาว 1 – 1.2 เซนติเมตร ปลายแยกออกจากกัน ยาว 1 - 1.5 เซนติเมตร ก้านเกสรเพศผู้สีขาวอมเหลืองอวบน้ำ อับเรณูยาวรี ประมาณ 0.1 เซนติเมตร สีเหลืองเข้ม ก้านเกสรติดตรงด้านล่างของอับเรณู รังไข่อยู่บนกลีบ พบรังไข่มี 2 แบบ และรูปร่างแตกต่างกัน ชนิดหนึ่งมีรังไข่ลีบเล็กยาวประมาณ 0.3 เซนติเมตร และอีกชนิดหนึ่งมีรังไข่ปกติยาวประมาณ 0.9 - 1 เซนติเมตร (ภาพที่ 19)

สะตอดาน มีดอกสมบูรณ์เพศอยู่ตำแหน่งปลายสุดของช่อดอก ดอกย่อยจะมีใบประดับรองรับดอกจำนวน 1-2 ใบ ดอกยาวประมาณ 1 - 1.2 เซนติเมตร กว้าง 0.19 เซนติเมตร กลีบเลี้ยง 5 กลีบเชื่อมติดกัน โดยมี 2 กลีบกว้างและหนากว่ากลีบอื่นๆ ปลายกลีบงุ้มเข้า กลีบเลี้ยงสีขาวอมเหลืองหรือสีครีม และมีขนขนาดเล็กสีขาวอยู่ทั่วไป ยาว 0.8 - 0.9 เซนติเมตร เชื่อมติดกันเป็นท่อและแยกจากกันบริเวณปลาย กลีบดอกสีขาวใส มี 5 - 6 กลีบเชื่อมติดกันและแยกจากกันตรงส่วนปลาย ยาว 0.9 - 1 เซนติเมตร เกสรเพศผู้สีเหลืองจำนวน 10 - 12 อัน ก้านเกสรเพศผู้แต่ละอันมีลักษณะตั้งตรง ความยาวใกล้เคียงกันทั้งหมด อับเรณูเป็นสีเหลืองมีขนาดใหญ่ ประมาณ 0.1 เซนติเมตร และไม่ร่วงหลุดไปเมื่อดอกบานและแห้ง เกสรเพศเมียในดอกย่อยชนิดนี้มี 1 อัน และมีออวุลตั้งแต่ 8 – 12 อัน และพบ 16 อันเป็นจำนวนที่มากที่สุดต่อหนึ่งรังไข่ พบรังไข่มี 2 แบบ และรูปร่างแตกต่างกัน ชนิดหนึ่งมีรังไข่ลีบเล็กยาวประมาณ 0.3 เซนติเมตร และอีกชนิดหนึ่งมีรังไข่ปกติยาวประมาณ 0.9 - 1 เซนติเมตร (ภาพที่ 19)

ลักษณะดอกย่อยเพศผู้ในสะตอข้าวและสะตอดาน

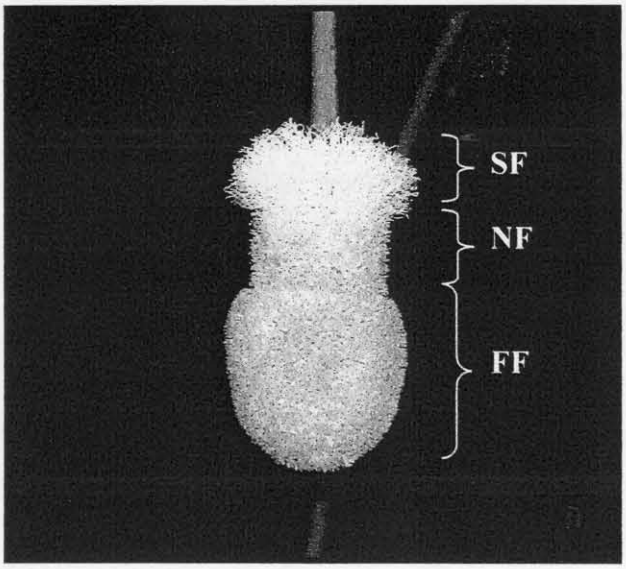
สะตอข้าว ดอกย่อยเพศผู้อยู่ระหว่างกลางของดอกย่อยสมบูรณ์เพศและดอกย่อยเพศผู้ที่เป็นหมัน ดอกย่อยมีใบประดับรองรับดอก 1 ใบ ยาว 0.6 - 1 เซนติเมตร ปลายกว้างกว่าฐานงุ้มไปด้านหน้า รูปร่างยาวเป็นสันสามเหลี่ยมมีขนสั้นๆ ทั่วทั้งใบประดับ กลีบเลี้ยงยาว 0.6 - 1 เซนติเมตร กลีบ 5 กลีบเชื่อมติดกัน มี 2 กลีบกว้างและหนากว่ากลีบอื่นๆ ปลายกลีบงุ้มเข้า สีเหลืองปนน้ำตาลปลายกลีบมีขนสั้นๆ ปกคลุมหนาแน่น โคนกลีบมีขนเล็กน้อย ผิวกลีบเกลี้ยงมีต่อมใสๆ ทั่วกลีบ กลีบดอกยาวเท่ากลีบเลี้ยง เป็นเยื่อบางใส เชื่อมติดกัน 5 กลีบ ปลายกลีบรูปหอก สีขาวอมเหลืองปลายกลีบมีขนสั้นๆ เกสรเพศผู้มี 10 อัน ก้านเชื่อมติดกันตรงเป็นแท่งหนา สีขาวอมเหลืองอวบน้ำ ปลายแยกออกจากกันหงิกงอ ยาว 0.8 - 1 เซนติเมตร อับเรณูมีขนาดเล็ก ประมาณ 0.02 – 0.1 เซนติเมตร สีเหลืองเข้ม ก้านเกสรติดตรงด้านล่างของอับเรณู ไม่มีส่วนของรังไข่ (ภาพที่ 19)

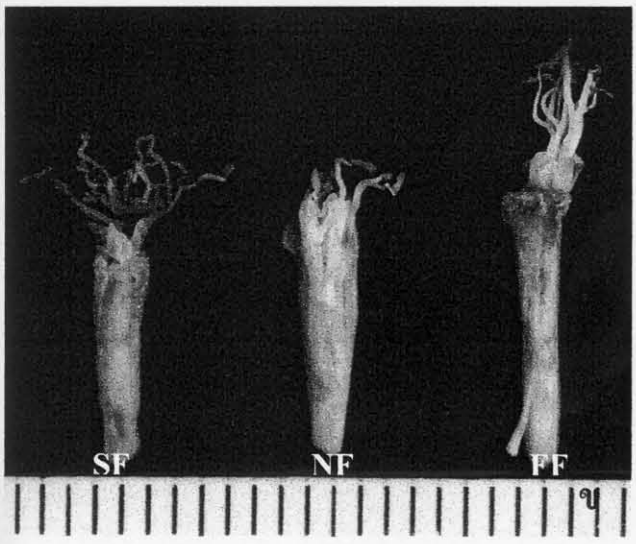
สะตอดาน ดอกย่อยเพศผู้อยู่บริเวณตรงกลางของช่อดอก ดอกยาวประมาณ 1.59 เซนติเมตร กว้าง 0.27 เซนติเมตร ดอกย่อย 1 ดอกมีใบประดับจำนวน 1 – 2 ใบ ยาว 0.5 – 0.9 เซนติเมตร ปลายกว้างกว่าฐานงุ้มไปด้านหน้า รูปร่างยาวเป็นสันสามเหลี่ยมมีขนสั้นๆ ทั่วทั้งใบประดับ กลีบเลี้ยงยาว 0.5 - 0.9 เซนติเมตร กลีบเลี้ยงสีขาวอมเหลืองหรือสีครีม และมีขนขนาดเล็กสีขาวอยู่ทั่วไป เชื่อมติดกันเป็นท่อและแยกจากกันบริเวณปลาย กลีบดอกสีขาวใส มี 5 กลีบเชื่อมติดกันและแยกจากกันตรงส่วนปลาย ก้านเกสรเพศผู้สีขาว มีจำนวน 10 – 12 อัน และสั้นที่สุดเมื่อเทียบกับก้านเกสรเพศผู้ของดอกย่อยชนิดอื่นๆ แต่ละอันมีลักษณะสั้นและหงิกงอเชื่อมกันที่บริเวณฐานของดอก ก้านเกสรเพศผู้มีความยาวใกล้เคียงกันทั้งหมด ยาว 0.7 - 0.9 เซนติเมตร อับเรณูสีเหลืองมีขนาดใหญ่ประมาณ 0.01 – 0.09 เซนติเมตร และไม่หลุดร่วงเมื่อดอกบาน แต่จะแห้งและแตกก่อนอับเรณูของดอกย่อยสมบูรณ์เพศ มีส่วนที่เจริญคล้ายเกสรเพศเมีย แต่ไม่มีการสร้างออวุล (ภาพที่ 19 ก)

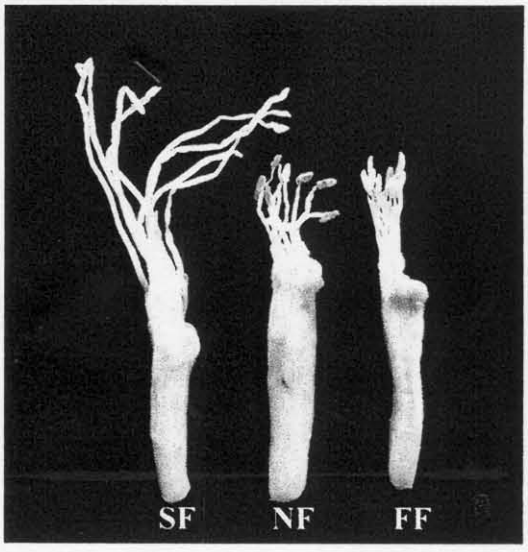
ลักษณะดอกย่อยเพศผู้ที่เป็นหมันในสะตอข้าวและสะตอดาน

สะตอข้าว ดอกย่อยเพศผู้ที่เป็นหมันอยู่บริเวณส่วนฐานของช่อดอก ดอกย่อยมีใบประดับรองรับดอก 1 ใบ กลีบเลี้ยงเชื่อมติดกันเป็นท่อ ปลายกลีบแยกจากกันไม่ชัดเจน (ประมาณ 3 กลีบ) ยาว 0.4 -0.7 เซนติเมตร บางใส สีขาวอมเหลือง มีขนสีขาวสั้นๆ ประปราย กลีบดอกเป็นเยื่อบางๆ 5 กลีบ เชื่อมติดกันปลายกลีบแหลมรูปหอก ยาว 0.8 - 1 เซนติเมตร สีขาวอมเหลือง เกสรเพศผู้ 10 - 12 อันเชื่อมติดกันที่ฐานปลายแยกออกจากกันหงิกงอ ยาว 1.2 - 1.3 เซนติเมตร อับเรณูขนาดเล็กกว่าอับเรณูดอกย่อยสมบูรณ์เพศและดอกย่อยเพศผู้ และบางก้านชูอับเรณูไม่มีอับเรณูติดอยู่ อับเรณูขนาด 0.01 เซนติเมตร ตอนบานเต็มที่จะหลุดร่วงไป มีร่องรอยของรังไข่หลงเหลืออยู่เห็นเป็นตุ่มสีน้ำตาลอ่อนขนาดเล็กๆ ใบประดับส่วนโคนช่อดอก ยาว 0.3 - 0.35 เซนติเมตร รูปร่างป้านปลายงุ้มไปด้านหน้า มีขนสั้นๆ (ภาพที่ 19 ข)

สะตอดาน ดอกย่อยเพศผู้ที่เป็นหมันอยู่บริเวณฐานของช่อดอก ดอกยาวประมาณ 2.17 เซนติเมตร กว้าง 0.23 เซนติเมตร ดอกย่อย 1 ดอกมีใบประดับรองรับจำนวน 1 - 2 ใบ กลีบเลี้ยงสีขาวอมเหลืองและมีขนขนาดเล็กสีขาวอยู่ทั่ว เชื่อมติดกันเป็นท่อและแยกจากกันบริเวณปลาย ยาว 0.3 – 0.6 เซนติเมตร กลีบดอกสีขาวใส มี 5 กลีบเชื่อมติดกัน ยาว 0.7 – 1 เซนติเมตร เกสรเพศผู้สีขาว มีจำนวน 10 – 12 อัน เชื่อมติดกันที่ฐานปลายแยกออกจากกันหงิกงอ ยาว 1.1 -1.2 เซนติเมตร ก้านเกสรเพศผู้แต่ละอันมีลักษณะหงิกงอมากน้อยแตกต่างกันไป และเชื่อมกันที่บริเวณฐานของดอก ก้านเกสรเพศผู้มีความยาวไม่เท่ากัน อับเรณูมีสีขาวขนาดเล็กมาก พบได้ยากและบางอันไม่มีเรณูบรรจุอยู่ ไม่พบเกสรเพศเมียในดอกย่อยชนิดนี้ (ภาพที่ 19 ค)







ภาพที่ 19 โครงสร้างของดอกสะตอข้าวและสะตอดาน

(ก) ช่อดอกสะตอที่บาน

(ข) ดอกย่อยชนิดต่างๆ ของสะตอข้าว

(ค) ดอกย่อยชนิดต่างๆ ของสะตอดาน

(SF: ดอกย่อยเพศผู้ที่เป็นหมัน ; NF: ดอกย่อยเพศผู้ที่ผลิตน้ำหวาน ;

FF: ดอกย่อยสมบูรณ์เพศ)

3. การศึกษาการเจริญของดอก

3.1 ศึกษาการบานของดอก

ระยะเวลาการบานของดอกสะตอทั้งในสะตอข้าวและสะตอดานพบว่า จำนวนช่อดอกบานสูงที่สุดในวันที่ 48 (92.35 เปอร์เซ็นต์) ช่อดอกที่เหลือทั้งหมด (7.65 เปอร์เซ็นต์) จะบานในวันถัดมา (ตารางที่ 1 และ 2) ดอกเริ่มบานที่เวลา 16.00 นาฬิกาและบานเต็มที่ ที่เวลา 18.00 นาฬิกา

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยการบานเต็มที่ของช่อดอกสะตอทั้งสะตอข้าวและสะตอดาน

วันที่	เวลา (นาฬิกา)	จำนวนช่อดอกที่บานเต็มที่	จำนวนการบานของดอกทั้งหมด(%)
48	12.00	0	
	14.00	0	92.35
	16.00	4	
	18.00	11	
49	12.00	0	
	14.00	0	7.65
	16.00	0	
	18.00	2	

ตารางที่ 8 แสดงช่วงเวลาการบานของช่อดอกสะตอทั้งสะตอข้าวและสะตอดานในรอบวัน

เวลา (นาฬิกา)	รายละเอียดที่สำคัญ
07.00	ช่อดอกสีเหลือง
12.00	ดอกย่อยเพศผู้ที่เป็นหมันเริ่มบาน
14.00	ดอกย่อยเพศผู้ที่เป็นหมันบานเกือบหมด
16.00	ดอกย่อยสมบูรณ์เพศและดอกย่อยเพศผู้เริ่มบาน
18.00	ดอกย่อยทั้ง 3 ประเภทบานเต็มที่
20.00	ดอกย่อยเพศผู้ทำหน้าที่ผลิตน้ำหวาน
22.00	เกสรเพศเมียเริ่มยื่นส่วนยอดขึ้นมา
24.00	เกสรเพศเมียยื่นยอดเกสรขึ้นพ้นส่วนอื่นๆ ของดอก

3.2 ศึกษาระยะการเจริญของดอก

ระยะการเจริญของช่อดอกสะตอทั้งในสะตอข้าวและสะตอดาน ศึกษาตามรูปร่างช่อดอก ขนาดช่อดอก ลักษณะของดอกย่อย และสีของช่อดอก แบ่งได้เป็น 11 ระยะ

ระยะที่ 1 (ระยะเวลา 1 - 11 วัน) ช่อดอกมีการเจริญชัดเจนลักษณะของช่อดอกแบนราบ ช่อดอกมีกลีบรองรับช่อดอก 3 กลีบ ประกบกันแน่นมีขนาดไม่เท่ากันโดยที่อันที่ใหญ่กว่าอยู่บนสีเขียวเรียบมัน ก้านช่อดอกยังไม่ปรากฏ

ระยะที่ 2 (ระยะเวลา 11 - 15 วัน) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่อดอก 0.67 ± 0.02 เซนติเมตร มีการยืดยาวของก้านช่อดอก ใบประดับรองรับช่อดอกแยกออกจากกันสามารถมองเห็นช่อดอกได้ชัดเจน กลีบรองรับช่อดอกมีสีเขียวออกน้ำตาล ช่อดอกสีเขียวอมขาวรูปร่างกลมเห็นการแยกเป็นดอกย่อยไม่ชัดเจน

ระยะที่ 3 (ระยะเวลา 15 - 25 วัน) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่อดอกโดยเฉลี่ย 1.2 ± 0.06 เซนติเมตร ช่อดอกของสะตอมีการยืดตัวออกโดยปรากฏส่วนคอคอดที่โคนช่อดอก ใบประดับรองรับช่อดอกหลุดร่วงช่อดอกสีเขียวอมขาวมีจุดเล็กๆ แสดงลักษณะของดอกย่อย ก้านช่อดอกยืดตัวยาวขึ้น

ระยะที่ 4 (ระยะเวลา 25 - 33 วัน) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่อดอกโดยเฉลี่ย 2.12 ± 0.48 เซนติเมตร ช่อดอกยืดตัวยาวขึ้นมีส่วนของคอคอด ช่อดอกสีเขียวอ่อน เห็นขอบเขตของแต่ละดอกย่อยชัดเจน ดอกย่อยมีใบประดับดอกย่อยปิดรูปสามเหลี่ยมติดต่อกันทั้งช่อดอก ช่อดอกเรียบ ใบประดับที่โคนช่อดอกมีขนาดใหญ่ที่สุด ก้านช่อดอกยืดยาวสีเขียวอ่อนมีจุดสีขาวประปราย

ระยะที่ 5 (ระยะเวลา 33 - 36 วัน) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่อดอกโดยเฉลี่ย 2.7 ± 0.04 เซนติเมตร ช่อดอกมีขนาดใหญ่กว่าระยะที่ 4 คอคอดยืดยาวขึ้นแสดงลักษณะของช่อดอกแบบ head ชัดเจน ช่อดอกสีเขียวอ่อน ใบประดับปิดดอกย่อยรูปสามเหลี่ยมโค้งขึ้นเห็นเป็นดอกย่อยชัดเจน ใบประดับที่ส่วนโคนของช่อดอกที่ต่อกับก้านช่อดอกนูนเป็นสัน ก้านช่อดอกยาวขึ้นผิวขรุขระ

ระยะที่ 6 (ระยะเวลา 36 - 41 วัน) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่อดอกโดยเฉลี่ย 2.98 ± 0.05 เซนติเมตร ช่อดอกมีขนาดใหญ่กว่าระยะที่ 5 มีการยืดยาวของช่อดอกขึ้นมาก ปลายช่อดอกมน ช่อดอกสีเขียวอ่อน ลักษณะเหมือนระยะที่ 5 แต่สามารถแยกดอกย่อยแต่ละแบบออกมาได้ ก้านช่อดอกยืดยาวขึ้นมาก

ระยะที่ 7 (ระยะเวลา 41 - 47 วัน) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่อดอกโดยเฉลี่ย 3.39 ± 0.05 เซนติเมตร มีการยืดยาวของช่อดอกขึ้นมาก ปลายช่อดอกเริ่มแหลม ช่อดอกสีเขียวเข้มขึ้น ใบประดับของช่อดอกขยายใหญ่เป็นรูปสามเหลี่ยมโค้งขึ้นทำให้ช่อดอกไม่เรียบ ปลายของใบประดับเป็นเยื่อบาง ใบประดับส่วนโคนช่อดอกเป็นสันชัดเจน ก้านช่อดอกยืดยาวขึ้นมาก

ระยะที่ 8 (ระยะเวลา 47 - 48 วัน) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่อดอกโดยเฉลี่ย 3.8 ± 0.03 เซนติเมตร ช่อดอกมีการเจริญอย่างต่อเนื่อง ปลายแหลม ช่อดอกสีเขียวอมเหลือง ใบประดับดอกย่อยขยายตัว ช่อดอกไม่เรียบ ใบประดับส่วนโคนของช่อดอกเป็นสันนูนแต่คอดลงไปกว่าช่อดอกส่วนอื่นๆ ก้านช่อดอกยืดยาวขึ้นมาก

ระยะที่ 9 (ระยะเวลา 48 วัน) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยเฉลี่ย 4.07 ± 0.03 เซนติเมตร ลักษณะของช่อดอกเหมือนระยะที่ 8 มีการขยายตัวเล็กน้อย ช่อดอกในระยะนี้จะเป็นระยะที่ดอกย่อยเริ่มบานและบานหมดทั้งช่อดอก เมื่อเวลา ประมาณ 18.00 นาฬิกา

ระยะที่ 10 (ระยะเวลา 49 วัน) ช่อดอกมีดอกบานมาแล้ว 1 คืน ดอกย่อยเริ่มเหี่ยวในตอนเช้า และเมื่อประมาณเที่ยงดอกย่อยเพศผู้ที่เป็นหมันจะเริ่มร่วงไปบางส่วน ดอกย่อยจะร่วงเกือบหมดในเวลาประมาณ 18.00 นาฬิกา แต่ในบางช่อดอกดอกย่อยยังร่วงไม่หมดจะร่วงหมดในวันต่อไป ดอกย่อยที่เหลือส่วนมากเป็นดอกย่อยสมบูรณ์เพศที่ได้รับการผสมพันธุ์แล้ว ซึ่งแต่ละช่อดอกจะมี

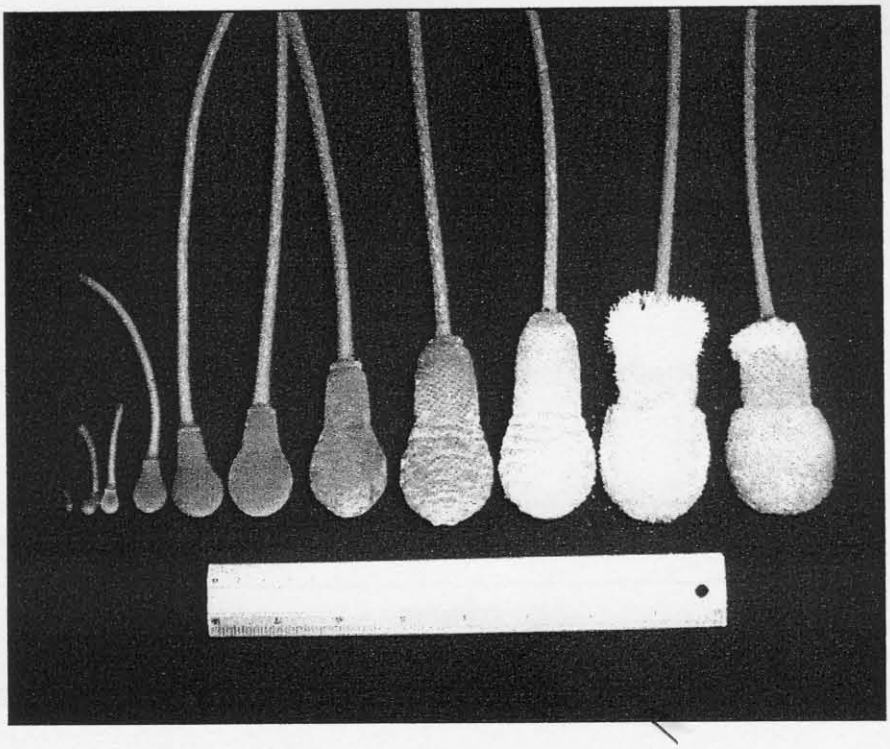
ประมาณ 25 – 30 ดอก โดยที่ยังมีส่วนของกลีบเลี้ยงและกลีบดอกติดอยู่กับรังไข่ จะเห็นรังไข่ที่ได้รับการผสมชัดเจนหลังจากนี้ประมาณ 2 วัน แต่ส่วนมากช่อดอกในระยะนี้จะร่วงหล่นก่อนที่ดอกย่อยจะร่วงหมดและติดเป็นผล

ระยะที่ 11 (ระยะเวลา 50 วัน) เป็นระยะที่เริ่มติดผล เห็นส่วนของกลีบเลี้ยงและกลีบดอกหลุดออกจากรังไข่ รังไข่สีเขียวแบนบางยาวประมาณ 1 เซนติเมตร

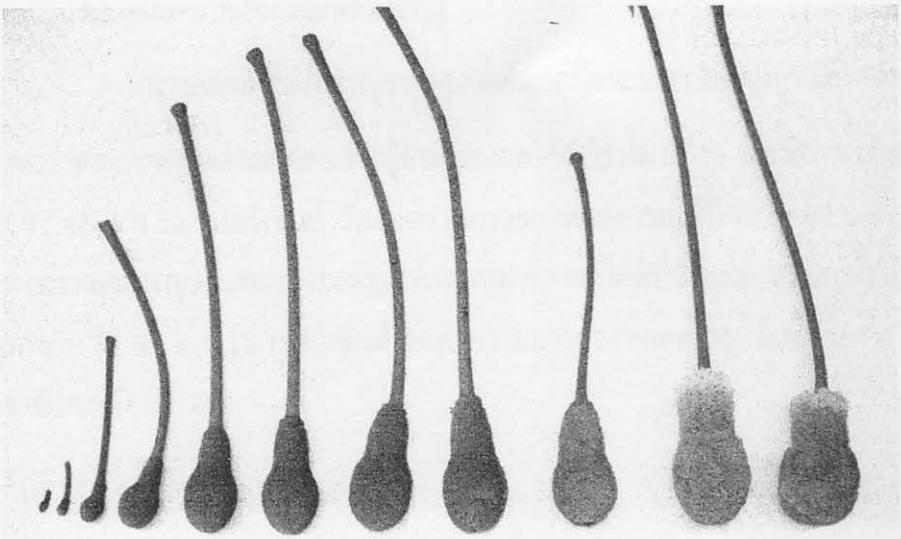
การเจริญของช่อดอกสะตอตั้งแต่ระยะที่ช่อดอกเริ่มเกิด (ระยะที่ 1) จนกระทั่งดอกย่อยชนิดแรกเริ่มบาน (ระยะที่ 9) ใช้เวลา 48 วัน และจากระยะที่ดอกบานจนถึงระยะที่ติดผล (ระยะที่ 11) ใช้เวลา 2 วัน รวมเป็นระยะเวลาการเจริญของดอกสะตอ ใช้เวลาไป 50 วัน (ตารางที่ 9 และภาพที่ 20,21)

ตารางที่ 9 ข้อมูลของช่อดอกสะตอที่ระยะต่างๆ

ระยะที่	จำนวนวัน (นับจากช่อดอกระยะที่ 1)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของช่อดอก (เซนติเมตร)	จำนวน (ช่อดอก)
1	0	0.34 ±0.03	30
2	11	0.67 ±0.02	25
3	15	1.20 ±0.06	21
4	25	2.12 ±0.48	20
5	33	2.70 ±0.04	20
6	36	2.98 ±0.05	20
7	41	3.39 ±0.05	19
8	47	3.80 ±0.03	19
9	48	4.07 ±0.03	17
10	49	ระยะดอกบาน	13
11	50	ระยะติดผล	9



ภาพที่ 20 ระยะการเจริญตั้งแต่ช่อดอกเริ่มเกิดถึงระยะติดผลในสะตอข้าว



ภาพที่ 21 ระยะการเจริญตั้งแต่ช่อดอกเริ่มเกิดถึงระยะติดผลในสะตอดาน

4. ศึกษาเปรียบเทียบกลุ่มเรณูจากดอกย่อยเพศผู้กับกลุ่มเรณูจากดอกย่อยสมบูรณ์เพศ

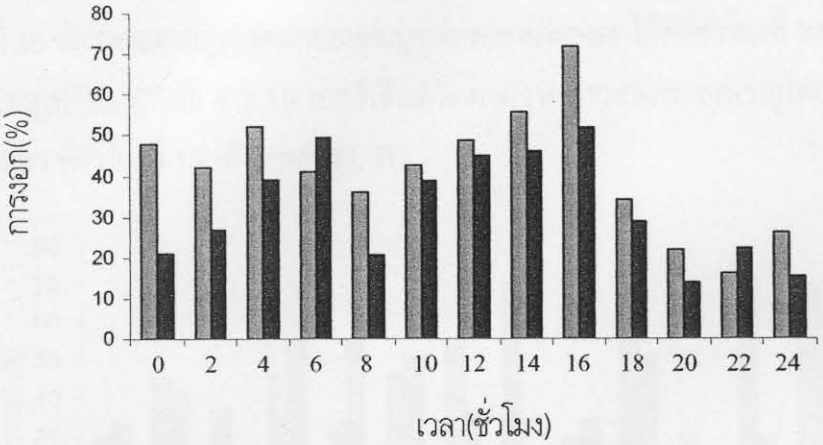
เปรียบเทียบจำนวนกลุ่มเรณูต่อหนึ่งอับเรณูของดอกย่อยสมบูรณ์เพศและดอกย่อยเพศผู้ของดอกสะตอข้าวและสะตอดาน จากการทดลองการเปรียบเทียบจำนวนกลุ่มเรณูต่อหนึ่งอับเรณูของดอกย่อยสมบูรณ์เพศและดอกย่อยเพศผู้ของดอกสะตอข้าวและสะตอดานสรุปได้ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบจำนวนกลุ่มเรณูต่อหนึ่งอับเรณูในดอกย่อยสมบูรณ์เพศและดอกย่อยเพศผู้ของสะตอข้าวและสะตอดาน

ชนิดของดอกย่อย	จำนวนกลุ่มเรณู : 1 อับเรณู	
	สะตอข้าว	สะตอดาน
ดอกย่อยเพศผู้	41.59 ± 2.12	12.80 ± 6.48
ดอกย่อยสมบูรณ์เพศ	53.08 ± 2.46	71.92 ± 9.28

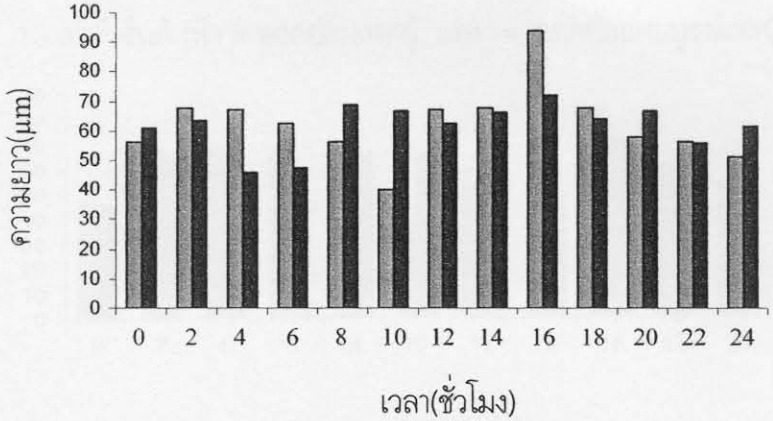
4.1. ศึกษาการงอกของหลอดเรณู

การงอกของหลอดเรณูของดอกย่อยเพศผู้และดอกย่อยสมบูรณ์เพศของดอกสะตอข้าว พบว่าหลอดเรณูของดอกย่อยเพศผู้สามารถงอกได้ดีที่ชั่วโมงที่ 16 และมีการงอกของหลอดเรณูเท่ากับ 71.45 ± 4.11 เปอร์เซ็นต์ วัดค่าความยาวของหลอดเรณูได้เท่ากับ 93.5 ± 3.65 ไมโครเมตร และหลอดเรณูของดอกย่อยสมบูรณ์เพศสามารถงอกได้ดีที่ชั่วโมงที่ 16 และมีการงอกของหลอดเรณูเท่ากับ 51.81 ± 3.13 เปอร์เซ็นต์ วัดค่าความยาวของหลอดเรณูได้เท่ากับ 72 ± 0.5 ไมโครเมตร (ดังภาพที่ 22, 23)



ภาพที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การงอกของหลอดเรณูของเรณูของดอกย่อยเพศผู้และดอกย่อยสมบูรณ์เพศของสะตอข้าวที่เวลาต่างๆ หลังการเพาะเลี้ยงในน้ำตาลซูโครส 10 เปอร์เซ็นต์

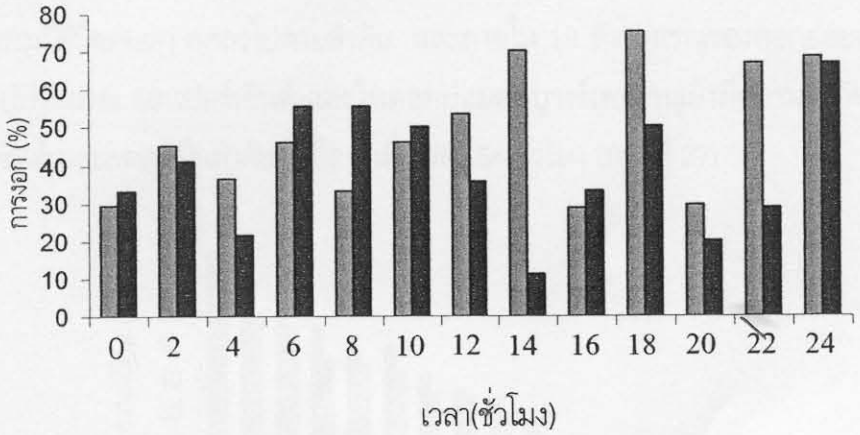
(ฟ้า = ดอกย่อยเพศผู้, แดง = ดอกย่อยสมบูรณ์เพศ)



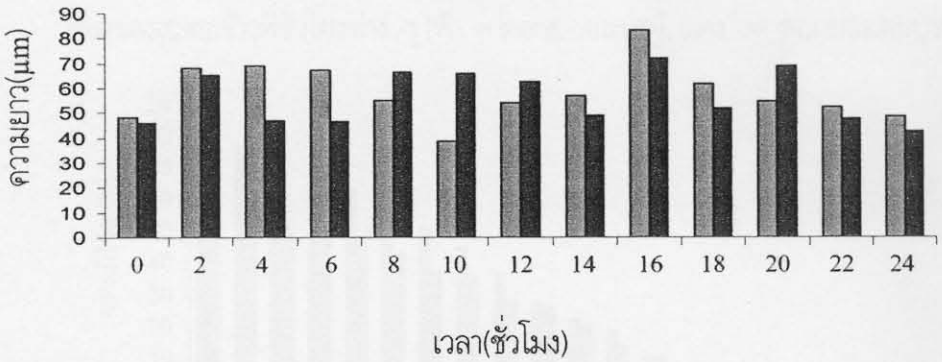
ภาพที่ 23 แสดงความยาวเฉลี่ยของหลอดเรณูของดอกย่อยเพศผู้เปรียบเทียบกับดอกย่อยสมบูรณ์เพศของสะตอข้าวที่ชั่วโมงต่าง ๆ

(ฟ้า = ดอกย่อยเพศผู้, แดง = ดอกย่อยสมบูรณ์เพศ)

การงอกของหลอดเรณูของดอกย่อยเพศผู้และดอกย่อยสมบูรณ์เพศของดอกสะตอดาน พบว่า หลอดเรณูของดอกย่อยเพศผู้สามารถงอกได้ดีที่ชั่วโมงที่ 18 และมีการงอกของหลอดเรณูเท่ากับ 74.25 ± 3.11 เปอร์เซ็นต์ วัดค่าความยาวของหลอดเรณูได้เท่ากับ 71 ± 2.1 ไมโครเมตร ที่ชั่วโมงที่ 16 และหลอดเรณูของดอกย่อยสมบูรณ์เพศสามารถงอกได้ดีที่ชั่วโมงที่ 24 และมีการงอกของหลอดเรณูเท่ากับ 67.05 ± 2.19 เปอร์เซ็นต์วัดค่าความยาวของหลอดเรณูได้เท่ากับ 82 ± 1.1 ไมโครเมตร ที่ชั่วโมงที่ 16 (ดังภาพที่ 24, 25)



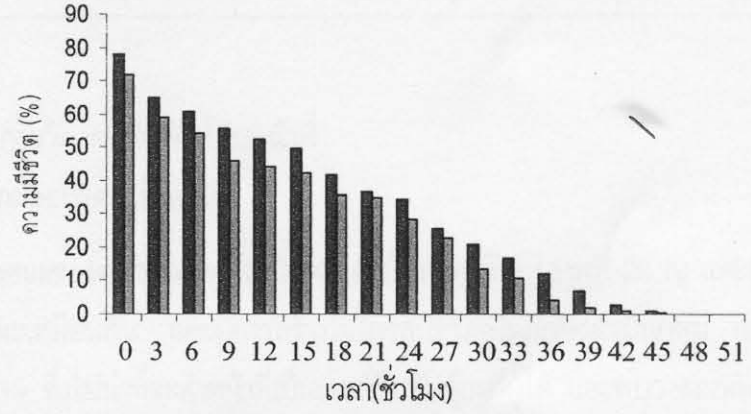
ภาพที่ 24 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การงอกของหลอดเรณูของเรณูของดอกย่อยเพศผู้และดอกย่อยสมบูรณ์เพศของสะตอดานที่เวลาต่างๆ หลังการเพาะเลี้ยงในน้ำตาลซูโครส 10 เปอร์เซ็นต์ (ฟ้า = ดอกย่อยเพศผู้, แดง = ดอกย่อยสมบูรณ์เพศ)



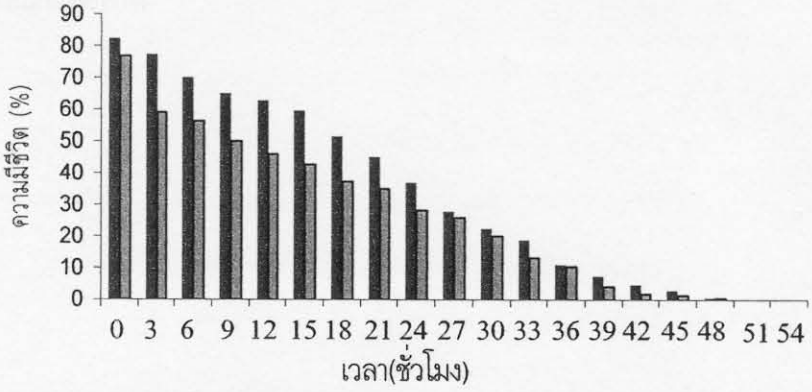
ภาพที่ 25 แสดงความยาวเฉลี่ยของหลอดเรณูของดอกย่อยเพศผู้เปรียบเทียบกับดอกย่อยสมบูรณ์เพศของสะตอดานที่ชั่วโมงต่าง ๆ
(ฟ้า = ดอกย่อยเพศผู้, แดง = ดอกย่อยสมบูรณ์เพศ)

4.2. ศึกษาความมีชีวิตของเรณู

ความมีชีวิตของเรณูของดอกย่อยเพศผู้และดอกย่อยสมบูรณ์เพศที่ชั่วโมงต่างๆ ของดอกสะตอข้าวและสะตอดาน ในสะตอข้าวเรณูมีชีวิตตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0 – 1 มีค่า 77.99 เปอร์เซ็นต์ ในดอกย่อยเพศผู้ และ 71.95 เปอร์เซ็นต์ในดอกย่อยสมบูรณ์เพศ และความมีชีวิตค่อยๆ ลดลงไปตามลำดับ ภายใน 15 ชั่วโมงความมีชีวิตยังคงมีอยู่ประมาณ 45 - 50 เปอร์เซ็นต์ในดอกย่อยทั้งสองชนิด และลดลงจนถึง 0 เมื่อเวลา 48 ชั่วโมง (ภาพที่ 26) และในสะตอดานเรณูมีชีวิตมากที่สุดในชั่วโมงที่ 0 - 1 มีค่า 82.21 เปอร์เซ็นต์ ในดอกย่อยเพศผู้ และ 76.90 เปอร์เซ็นต์ในดอกย่อยสมบูรณ์เพศ และความมีชีวิตค่อยๆ ลดลงไปตามลำดับ และภายใน 18 ชั่วโมงเรณูของดอกย่อยเพศผู้ยังมีความมีชีวิตอยู่ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ และในดอกย่อยสมบูรณ์เพศเรณูยังมีความมีชีวิตอยู่ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และลดลงเป็นลำดับจนถึง 0 เมื่อเวลา 54 ชั่วโมง (ภาพที่ 27)



ภาพที่ 26 แสดงเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของเรณูของดอกย่อยเพศผู้เปรียบเทียบกับดอกย่อยสมบูรณ์เพศของสะตอข้าวที่ชั่วโมงต่าง ๆ (ฟ้า = ดอกย่อยเพศผู้, แดง = ดอกย่อยสมบูรณ์เพศ)



ภาพที่ 27 แสดงเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของเรณูของดอกย่อยเพศผู้เปรียบเทียบกับดอกย่อยสมบูรณ์เพศของสะตอดานที่ชั่วโมงต่าง ๆ (ฟ้า = ดอกย่อยเพศผู้, แดง = ดอกย่อยสมบูรณ์เพศ)

5. ศึกษากายวิภาคของดอกย่อยเพศผู้เป็นหมัน ดอกย่อยเพศผู้ และดอกย่อยสมบูรณ์เพศ

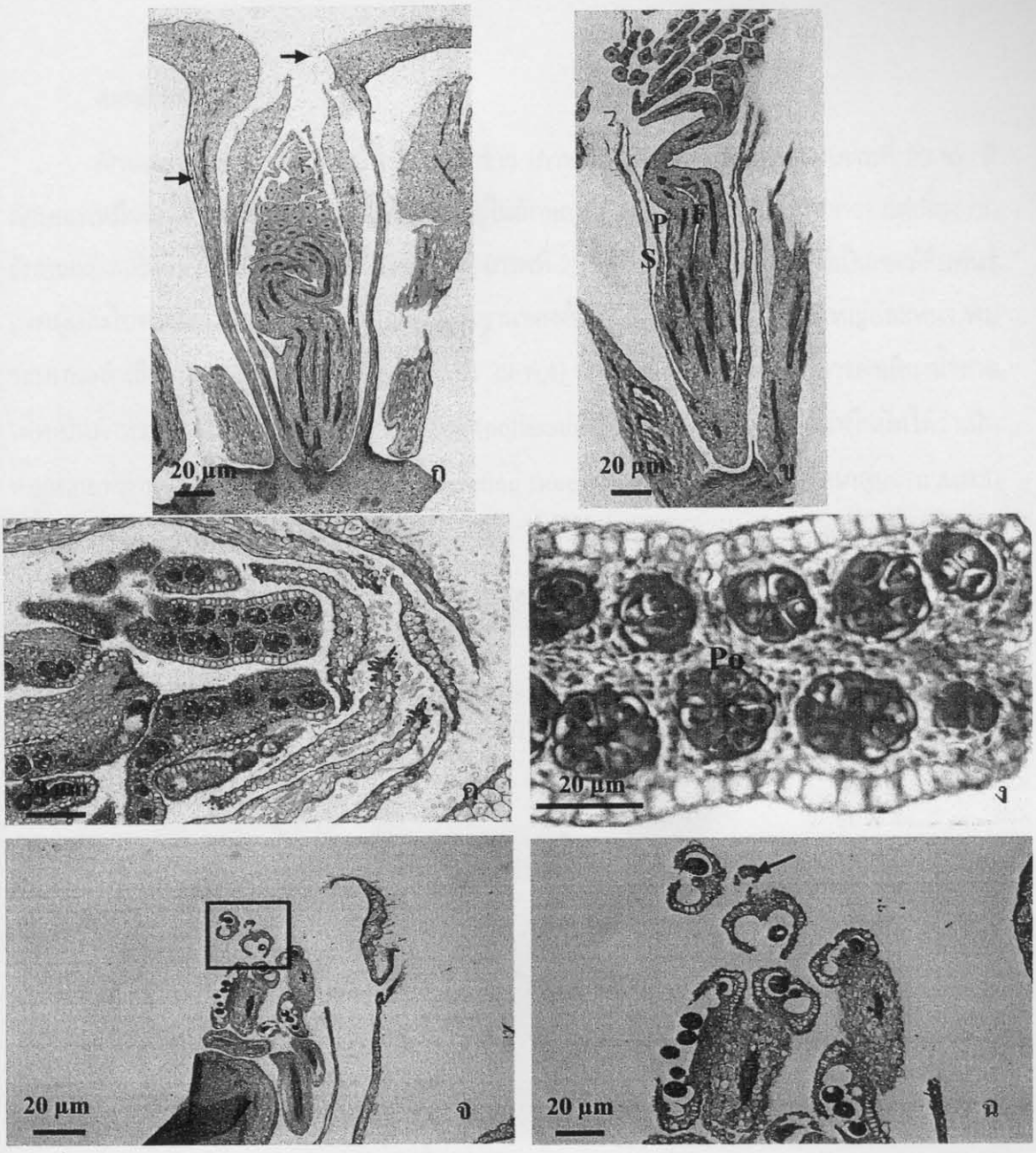
จากการเปรียบเทียบโครงสร้างดอกย่อยทั้ง 3 ชนิด พบว่าไมโครสปอร์ เจริญสูงสุดก่อนเปลี่ยนแปลงเป็นเรณู โดยในดอกย่อยทั้ง 3 ชนิด มีการเจริญของไมโครสปอร์จนอยู่เป็นกลุ่มจำนวนมาก ดอกย่อยแต่ละชนิดมีบทบาทหน้าที่แตกต่างกัน สามารถสรุปโครงสร้างเบื้องต้นของดอกย่อยทั้ง 3 ชนิดดังนี้

ชนิดดอกตามหน้าที่	ชนิดดอกตามโครงสร้าง	แนวโน้มสร้างเซลล์สืบพันธุ์
ดอกย่อยที่ให้กลิ่น	ดอกย่อยเพศผู้เป็นหมัน	กลุ่มเรณูที่ไม่สมบูรณ์
ดอกย่อยที่ผลิตน้ำหวาน	ดอกย่อยเพศผู้	กลุ่มเรณู
ดอกย่อยที่สืบพันธุ์ได้	ดอกย่อยสมบูรณ์เพศ	กลุ่มเรณูและออวุล

ลักษณะทางกายวิภาคที่สัมพันธ์กับหน้าที่

ดอกย่อยเพศผู้เป็นหมัน

ลักษณะของดอกย่อยเพศผู้เป็นหมันทั้งในสะตอข้าว (ภาพที่ 28 ก) และสะตอดาน (ภาพที่ 28 ข) มีลักษณะเหมือนกัน และมีการสร้างไมโครสปอร์อยู่ในลักษณะเป็นกลุ่ม แต่มีปริมาณที่น้อยมาก (ภาพที่ 28 ค) ซึ่งไม่น่าที่จะทำหน้าที่เป็นเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ได้ และพบว่าดอกเพศผู้เป็นหมันนี้มีก้านชูเกสรเพศผู้ที่ยาวและชดไปมา ซึ่งจะยาวเจริญออกมาเมื่อดอกบาน อย่างไรก็ตามบริเวณส่วนปลายของอับเรณู (ภาพที่ 28 จ-ฉ) จะสังเกตเห็นโครงสร้างคล้าย anther gland ซึ่งอาจทำหน้าที่ให้กลิ่นทั้งในสะตอข้าวและสะตอดาน



ภาพที่ 28 โครงสร้างของดอกย่อยเพศผู้เป็นหมันของสะตอข้าวและสะตอดาน

ก = โครงสร้างของดอกย่อยเพศผู้ที่เป็นหมันในดอกสะตอข้าว

ข = โครงสร้างของดอกย่อยเพศผู้ที่เป็นหมันในดอกสะตอดาน

ค = อับเรณูของดอกย่อยเพศผู้

ง = อับเรณูของดอกย่อยเพศผู้มีไมโครสปอร์อยู่กันเป็น polyad

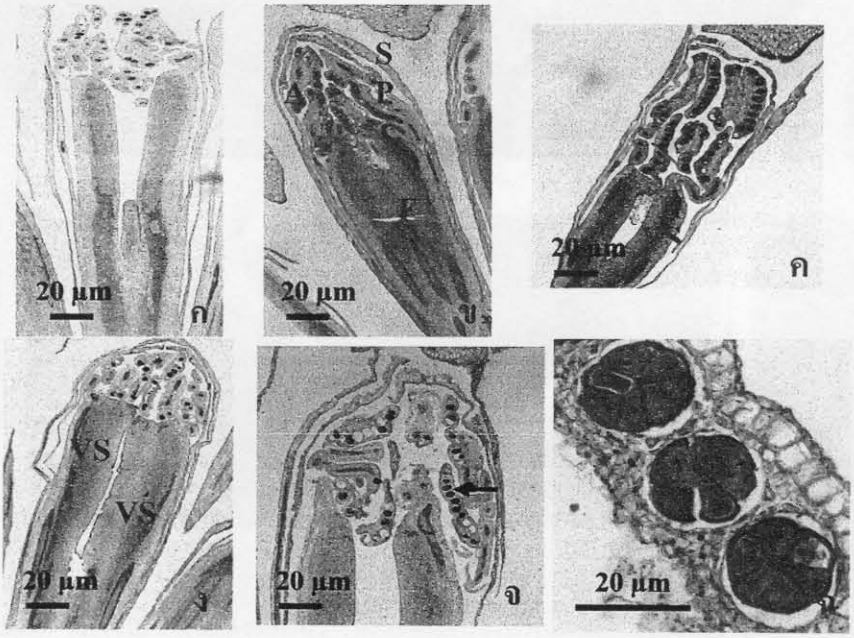
จ = บริเวณที่พบ Anther gland

ฉ = Anther gland (เข็มชี้)

(A = anther, F = filament, P = petal, Po = polyad, S = sepal, Ag = anther gland)

ดอกย่อยเพศผู้

ลักษณะของดอกย่อยเพศผู้ทั้งในสะตอข้าว (ภาพที่ 29 ก) และสะตอดาน (ภาพที่ 29 ข) มีลักษณะเหมือนกัน และมีการสร้างไมโครสปอร์อยู่ในลักษณะเป็นกลุ่มในปริมาณที่มากกว่า แต่เนื่องจากลักษณะก้านที่มีขนาดสั้นและอยู่ภายในดอกย่อย (ภาพที่ 29 จ) อาจทำให้การทำหน้าที่เป็นเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้เป็นไปค่อนข้างยาก อีกทั้งลักษณะที่ส่วนฐานของก้านชูเกสรเพศผู้ที่มีขนาดใหญ่และหนา พบระบบท่อลำเลียงที่หนาแน่นกว่าส่วนอื่น (ภาพที่ 29 ค,ง) น่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการลำเลียงน้ำตาลเพื่อเป็นน้ำหวานและเป็นรางวัลให้แก่ชีวพาหะ (pollinator)ดอกชนิดดังกล่าวนี้จึงน่ายืนยันได้ว่าเป็นดอกย่อยที่ทำหน้าที่ผลิตน้ำหวาน (nectar-secreting floret) และเรณูในลักษณะเป็นกลุ่มจำนวนมาก (ภาพที่ 29 ฉ) ซึ่งจะเป็นรางวัลให้แก่ชีวพาหะ



ภาพที่ 29 โครงสร้างของดอกย่อยเพศผู้ของสะตอข้าวและสะตอดาน

ก = โครงสร้างของดอกย่อยเพศผู้ดอกสะตอข้าว

ข = โครงสร้างของดอกย่อยเพศผู้ดอกสะตอดาน

ค = ดอกย่อยเพศผู้ฐานของดอกมีขนาดใหญ่ในดอกย่อยเพศผู้ในดอกสะตอข้าว

ง = ดอกย่อยเพศผู้ฐานของดอกมีขนาดใหญ่ในดอกย่อยเพศผู้ในดอกสะตอดาน

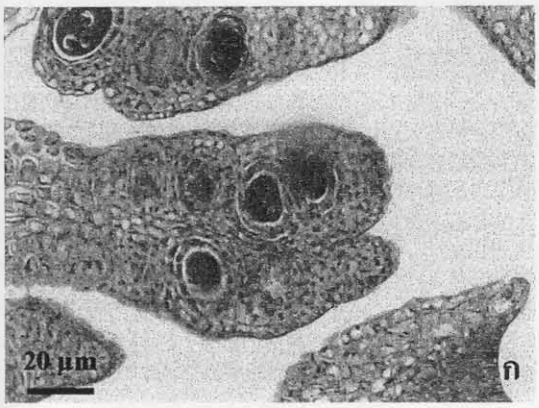
จ = กลุ่มอับเรณูที่พบในดอกย่อยเพศผู้

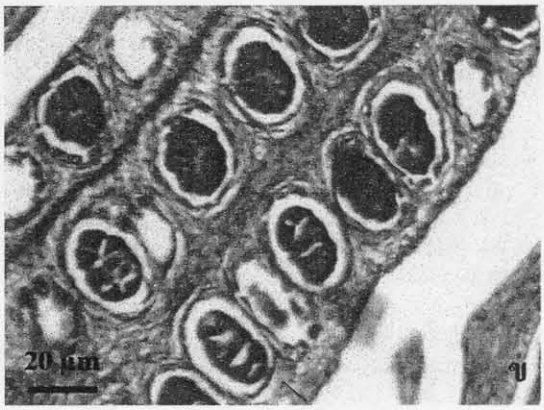
ฉ = ลักษณะกลุ่มเรณูของดอกย่อยเพศผู้

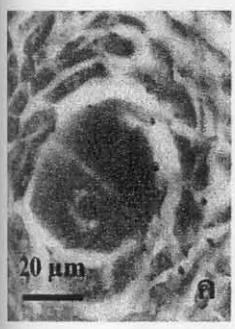
(A = anther, F = filament, P = petal, S = sepal, VS = vascular system)

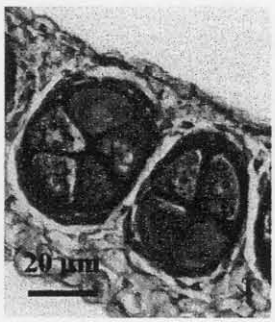
ดอกย่อยสมบูรณ์เพศ

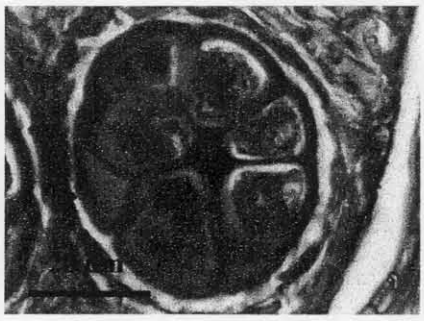
ลักษณะของดอกย่อยสมบูรณ์เพศทั้งในสะตอข้าว (ภาพที่ 30, 31) และสะตอดาน (ภาพที่ 32, 33) มีลักษณะเหมือนกัน มีการสร้างไมโครสปอร์อยู่ในลักษณะเป็นกลุ่มจำนวนมาก และมีการสร้างออวุลในเกสรเพศเมีย จึงจัดเป็นดอกย่อยชนิดที่สามารถสืบพันธุ์ได้

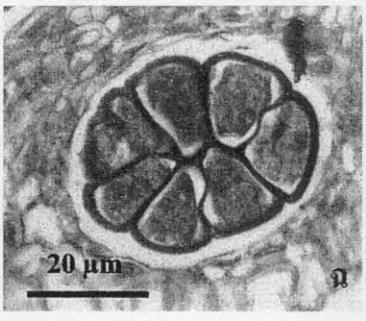












ภาพที่ 30 แสดงการเจริญของไมโครสปอร์ ในดอกย่อยสมบูรณ์เพศของสะตอข้าว

ก = ระยะ microsporogenous tissue

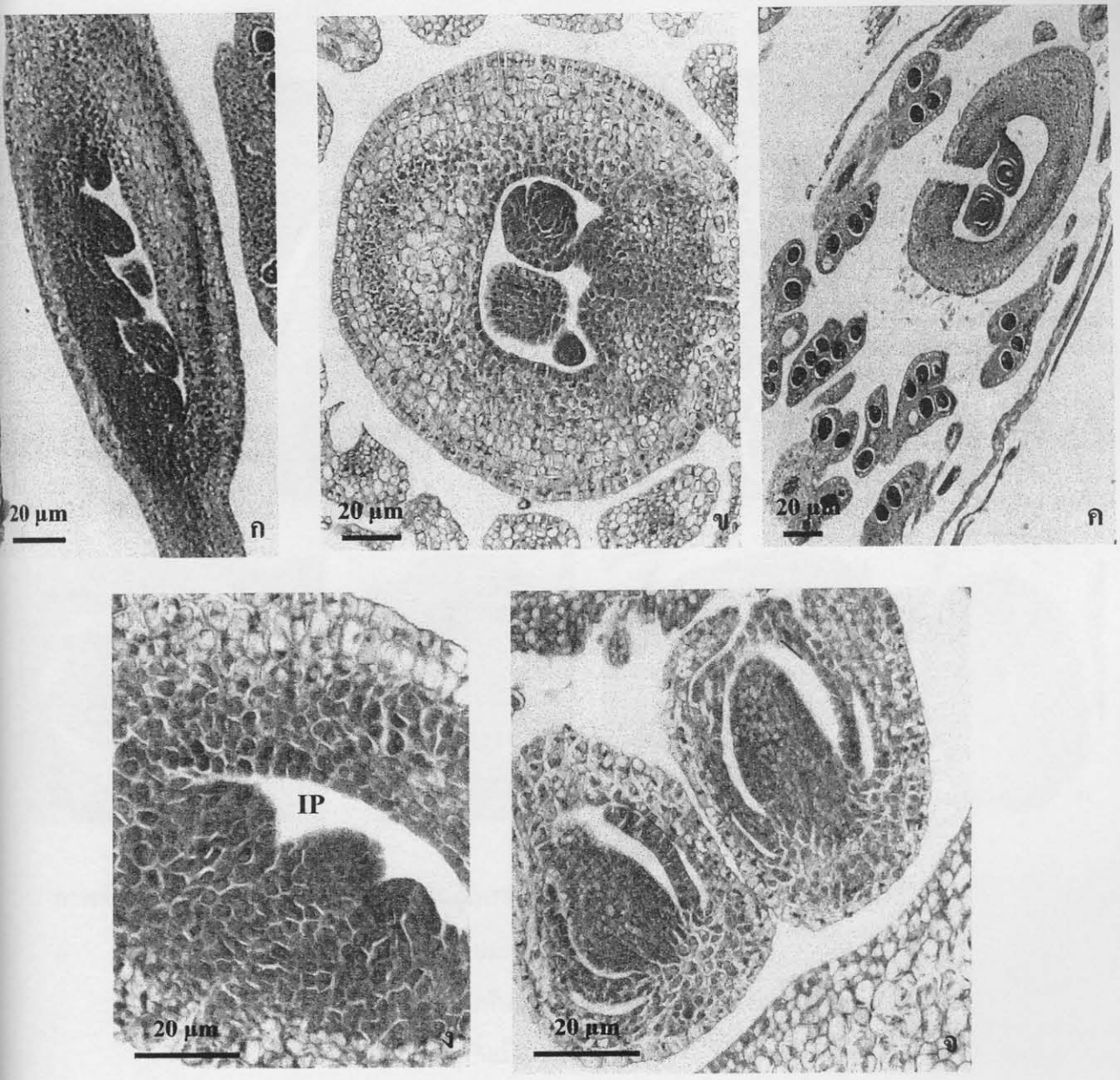
ข = dyad, tetrad และไมโครสปอร์อยู่กันเป็นกลุ่ม

ค = ระยะ dyad

ง = ระยะ tetrad

จ = Polyad ที่มีผนังบาง แต่ละเม็ดประกอบด้วย 1 นิวเคลียส

ฉ = Polyad ที่สมบูรณ์



ภาพที่ 31 แสดงการเจริญของเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียในดอกย่อยสมบูรณ์เพศของสะตอข้าว

ก = เกิด ovule primordium โดยเริ่มจากบริเวณฐานไปยังปลายของรก (placenta)

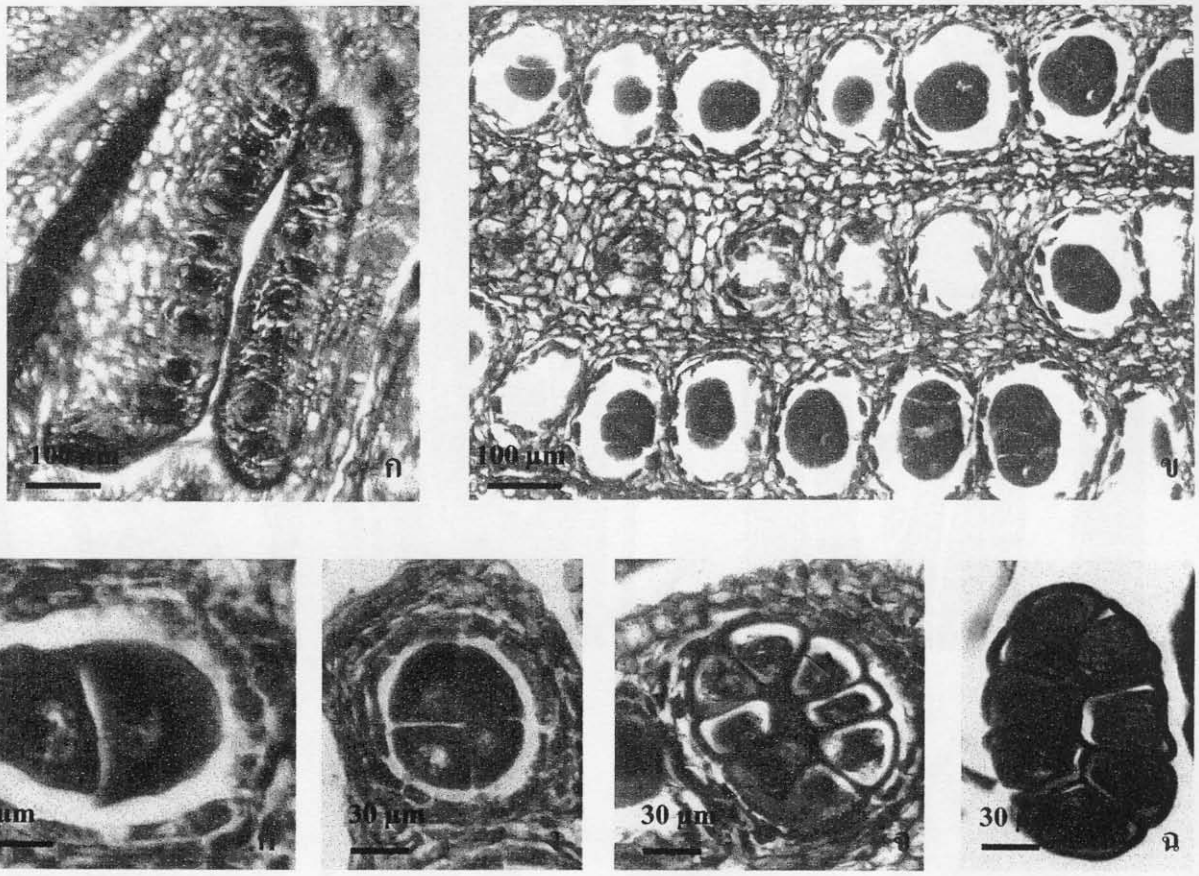
ข = การเกาะของออวุลกับรกแบบ anatropous

ค = ออวุลมีประมาณ 12-14 อันต่อรังไข่

ง = ออวุลซึ่งเริ่มเกิด integument primordium

จ = การแบ่งเซลล์แบบไมโอซีสของเมกกะสปอร์

(IP = integument primordium)



ภาพที่ 32 แสดงการเจริญของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ในดอกย่อยสมบูรณ์เพศในดอกสะตอดาน

ก = microsporogenous tissue

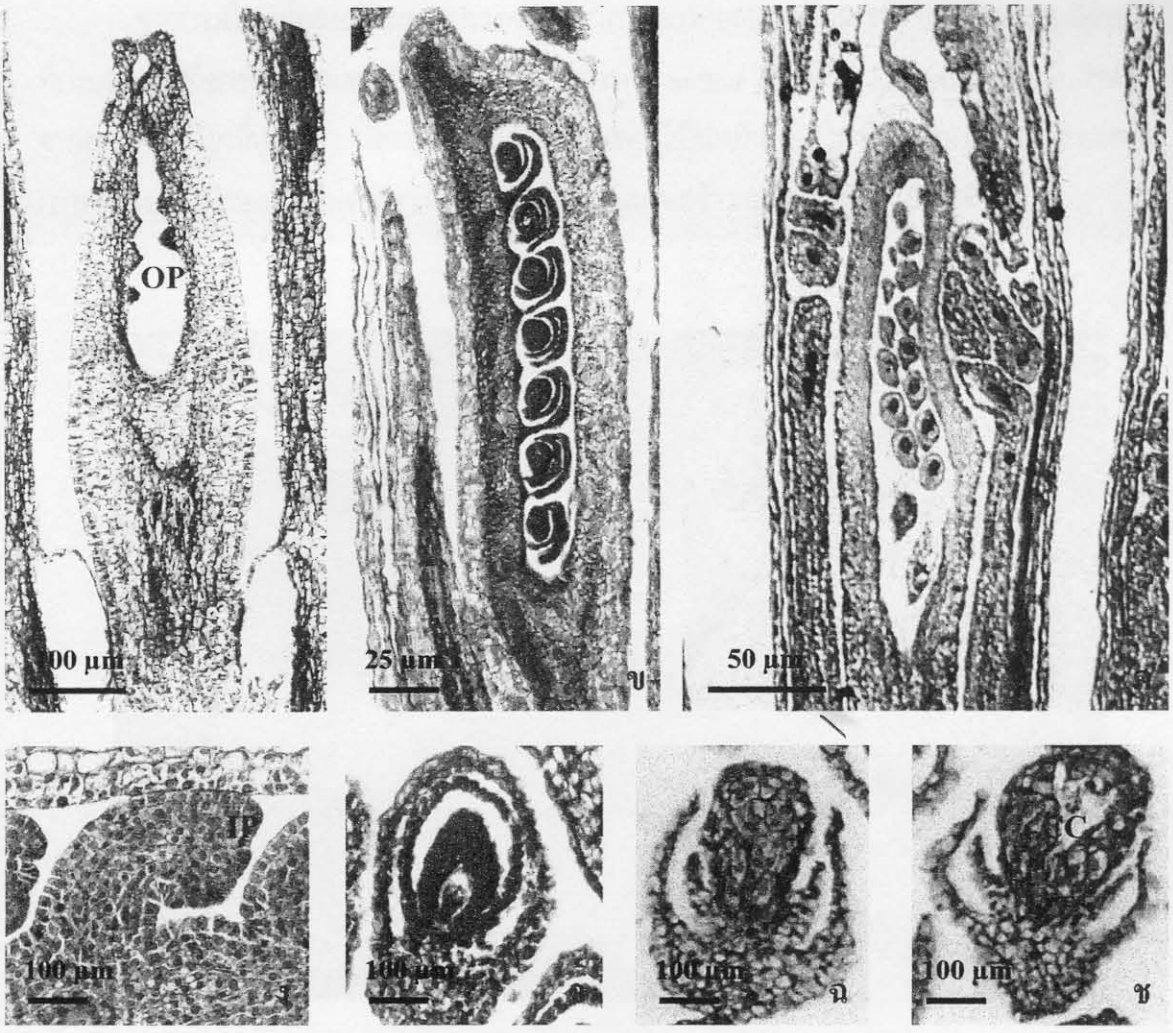
ข = การเจริญของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้มีหลายแบบในดอก ทั้ง dyad, tetrad และไมโครสปอร์อยู่กันเป็นกลุ่ม

ค = Dyad

ง = Tetrad

จ = Polyad ที่มีผนังบาง แต่ละเม็ดประกอบด้วย 1 นิวเคลียส

ฉ = Polyad ที่สมบูรณ์



ภาพที่ 33 แสดงการเจริญของเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียในดอกย่อยสมบูรณ์เพศของสะตอดาน

ก = เกิด ovule primordium โดยเริ่มจากบริเวณฐานไปยังปลายของรก (placenta)

ข = การเกาะของออวุลกับรกแบบอะนาโทรพัส

ค = ออวุลมีประมาณ 12 - 14 อันต่อรังไข่

ง = ออวุลซึ่งเริ่มเกิด integument primordium

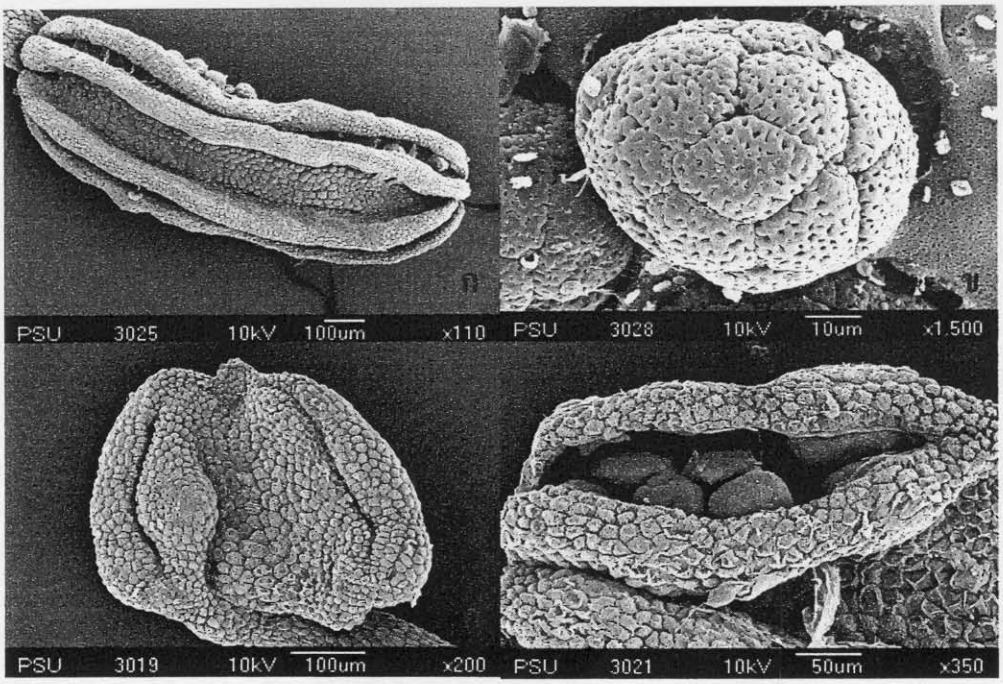
จ = one meitotic nucleate megaspore

ฉ = megasporocyte มีจำนวนเพิ่มขึ้น

ช = เซ็นทรัลเซลล์ (central cell)

(OP = ovule primordium; IP = integument primordium; CC = central cell)

จากการศึกษาโครงสร้างทางรูปร่างทางกายวิภาคของดอกย่อยทั้ง 3 ชนิดของสะตอ พบลักษณะที่บ่งบอกหน้าที่ของดอกย่อยสะตอต่างๆ ได้ดี คือการพบ **anther gland** (ซึ่งมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากเซลล์ข้างเคียงอื่นๆ) โดยเฉพาะในดอกย่อยเพศผู้เป็นหมัน ทั้งในสะตอข้าวและสะตอดาน (ภาพที่ 34) ซึ่งลักษณะของโครงสร้างนี้เหมือนกันทั้งในสะตอข้าวและสะตอดาน (ภาพที่ 35)



ภาพที่ 34 แสดงลักษณะอับเรณูสะตอ จากภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด

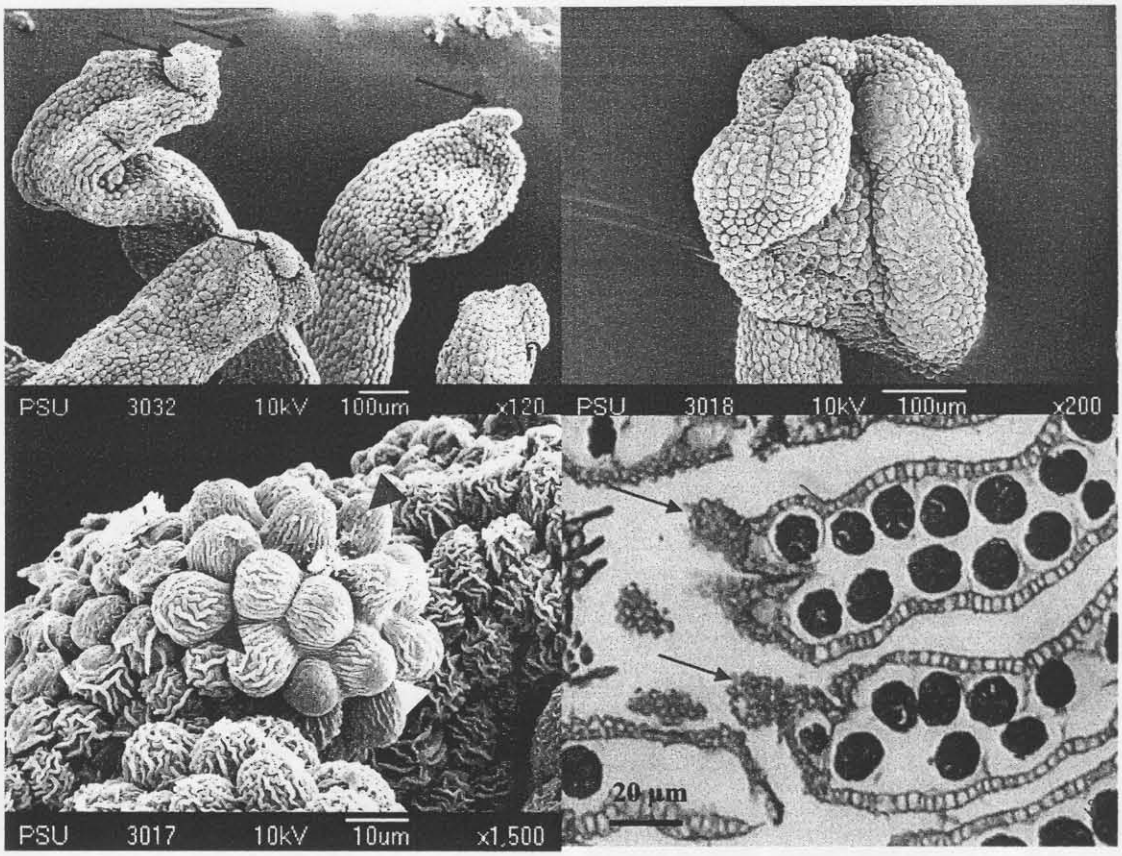
ก = ลักษณะอับเรณูของดอกย่อยสมบูรณ์เพศ มีขนาดยาวและสมบูรณ์

ข = ลักษณะเรณูปกติที่สร้างจากดอกย่อยสมบูรณ์เพศ

ค = ลักษณะอับเรณูของดอกย่อยเพศผู้เป็นหมัน มีขนาดสั้นและลีบไม่สมบูรณ์

ง = ลักษณะอับเรณูของดอกย่อยเพศผู้เป็นหมันที่มีขนาดสั้นแต่อาจสร้างเรณูในปริมาณน้อย

อย่างไรก็ตามพบลักษณะเบื้องต้นที่สนับสนุนว่าน่าจะทำหน้าที่เป็น osmophore กล่าวคือ เซลล์ทั่วไปบริเวณส่วนกลางเป็นลักษณะ isodiametric โดยเซลล์ในชั้น epidermis จะไม่แปรสภาพมากนัก และพบการย้อมติดสีที่เข้มกว่าบริเวณอื่น (ภาพที่ 35)



ภาพที่ 35 ภาพถ่าย anther glands ของดอกสะตอจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด

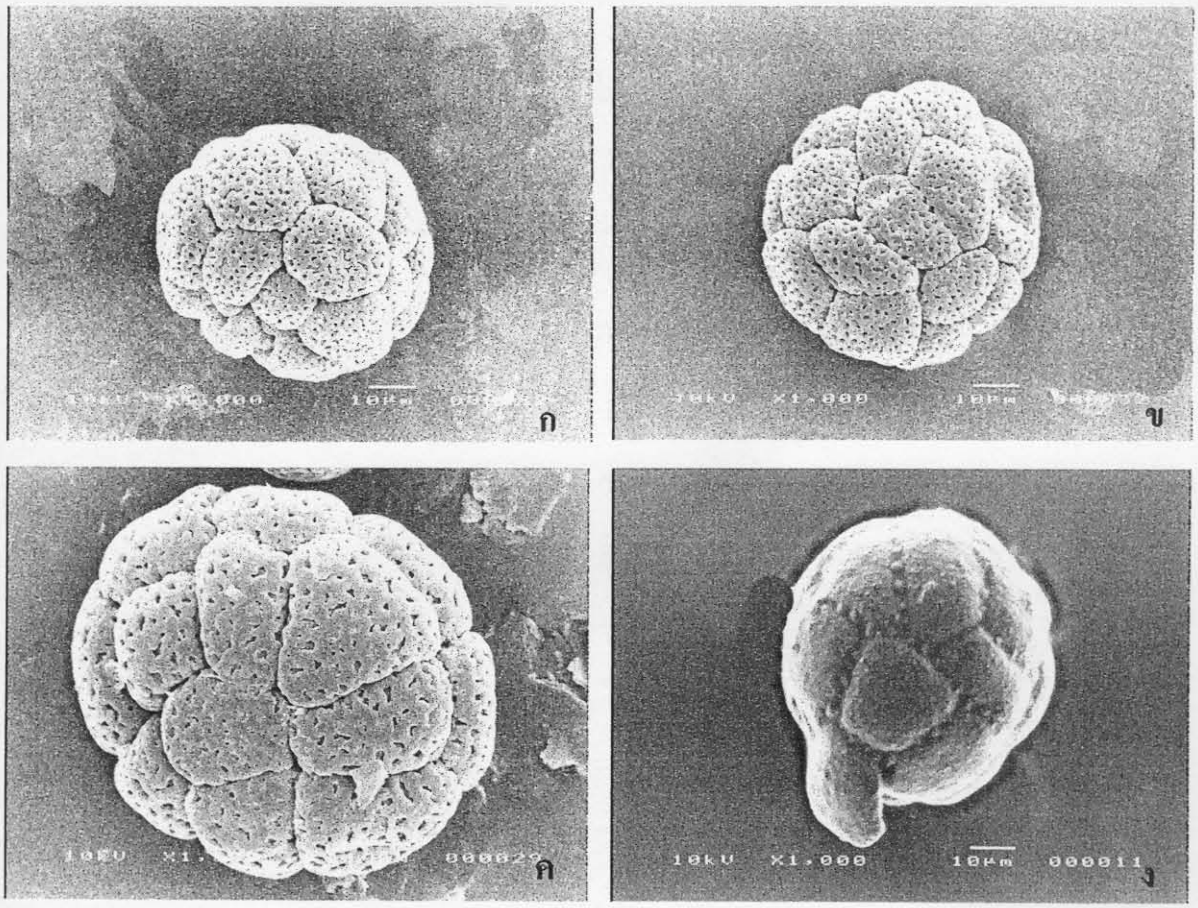
ก = anther glands (ลูกศรชี้) ที่พบเฉพาะในเกสรเพศผู้ของดอกย่อยเพศผู้เป็นหมันของสะตอข้าว

ข = anther glands (ลูกศรชี้) ที่พบเฉพาะในเกสรเพศผู้ของดอกย่อยเพศผู้เป็นหมันของสะตอดาน

ค = ภาพขยายลักษณะของ anther gland จากภาพ B ชี้ให้เห็นผิวเซลล์ของ anther glands แบบ regulate (หัวลูกศรแดง) หรือผิวเซลล์เป็นแบบ striate (หัวลูกศรชมพู) หรือบริเวณ ส่วนกลางเป็นแบบ smooth ขณะที่ส่วนขอบมีลวดลายแบบ striate (หัวลูกศรเหลือง)

ง = ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงแสดงลักษณะของ anther glands (ลูกศรชี้)

ลักษณะของเรณู เรณูอยู่เป็นกลุ่มโดยแต่ละกลุ่มประกอบด้วยเรณู 16 อัน กลุ่มเรณูมีขนาดใหญ่ ลักษณะและขนาดของกลุ่มเรณูในดอกย่อยสมบูรณ์เพศมีลักษณะใหญ่และรีกว่ากลุ่มเรณูของดอกย่อยเพศผู้ (ภาพที่ 36 ก,ข) ขนาดของกลุ่มเรณูในดอกย่อยสมบูรณ์เพศมีขนาดเฉลี่ย 87.13 ± 2.17 x 65.85 ± 1.99 ไมครอน และดอกย่อยเพศผู้เฉลี่ย 71.67 ± 2.04 x 60.92 ± 2.58 ไมครอน ความยาวของแนวขั้วต่อแนวแกนในดอกย่อยสมบูรณ์เพศเฉลี่ย 1.32 ± 1.29 และดอกย่อยเพศผู้เฉลี่ย 1.18 ± 1.54 ผิวมีลวดลายเป็นร่างแห การงอกของหลอดเรณูแสดงดังภาพ 36 คและง



ภาพที่ 36 ลักษณะเรณูและการงอกของเรณูสะตอ

ก = ลักษณะเรณูจากดอกย่อยเพศผู้

ข = ลักษณะเรณูจากดอกย่อยสมบูรณ์เพศ

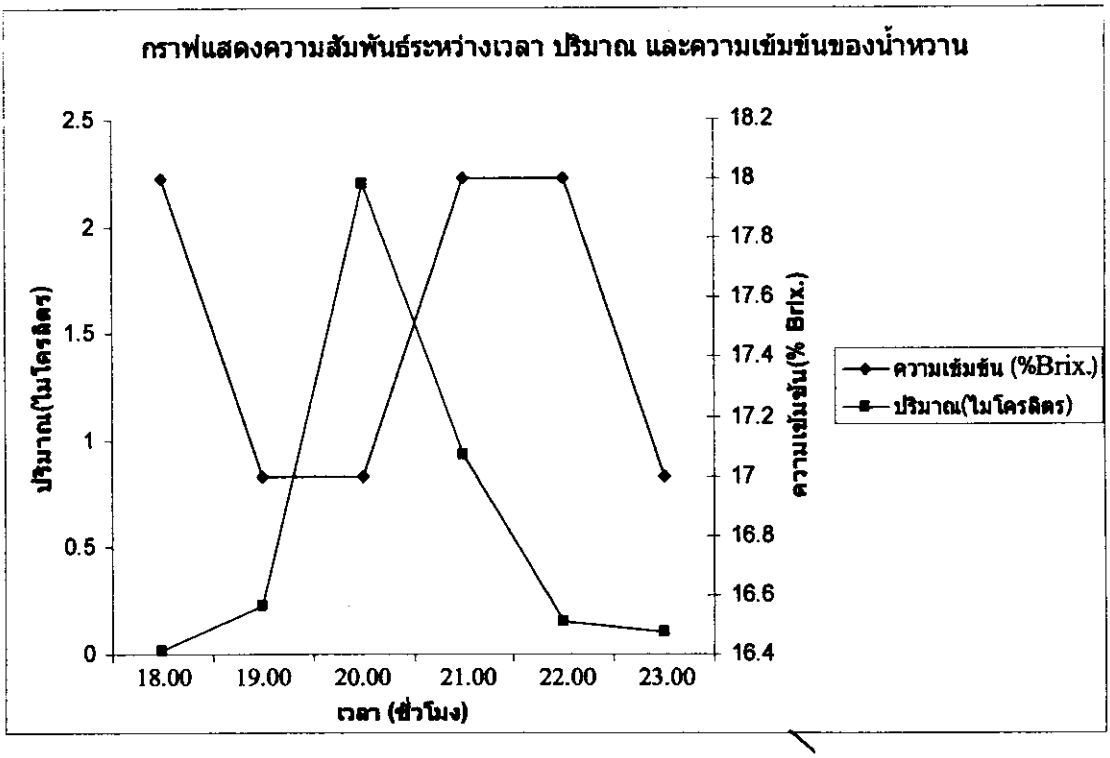
ค,ง = ลักษณะการงอกของหลอดเรณู

6. ศึกษาปริมาณน้ำหวานในช่อดอก

เมื่อทำการศึกษาปริมาณและความเข้มข้นของน้ำหวานที่ถูกขับออกมาจากช่อดอกสะตอตั้งแต่ช่อดอกเริ่มบานที่เวลา 18.00 นาฬิกา โดยการวัดปริมาณน้ำหวานด้วยหลอดแก้วขนาดเล็กความจุ 5 ไมโครลิตร และวัดความเข้มข้นของน้ำหวานด้วย hand refractometer พบว่าที่เวลา 20.00 นาฬิกา น้ำหวานจะถูกขับออกมามากที่สุด วัดปริมาณน้ำหวานได้เท่ากับ 2.20 ± 0.85 ไมโครลิตร วัดความเข้มข้นได้ 17.00 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ และที่เวลา 18.00 นาฬิกา น้ำหวานจะถูกขับออกมาน้อยที่สุด วัดปริมาณน้ำหวานได้เท่ากับ 0.018 ± 0.85 ไมโครลิตร วัดความเข้มข้นได้ 18.00 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ (ตารางที่ 11 และภาพที่ 37)

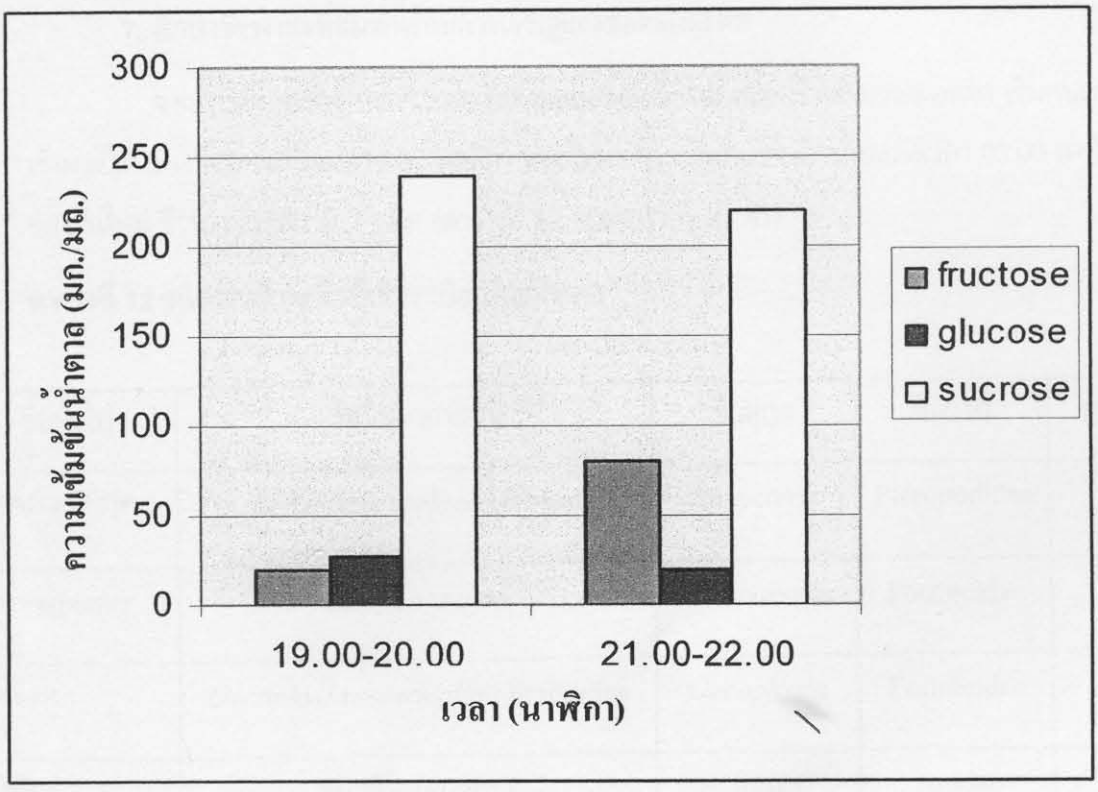
ตารางที่ 11 ปริมาณและความเข้มข้นของน้ำหวานในดอกสะตอที่เวลาต่างๆ

เวลา (นาฬิกา)	ปริมาณ (ไมโครลิตร)	ความเข้มข้น (% Brix.)
18.00	0.018	18
19.00	0.23	17
20.00	2.2	17
21.00	0.93	18
22.00	0.15	18
23.00	0.1	17

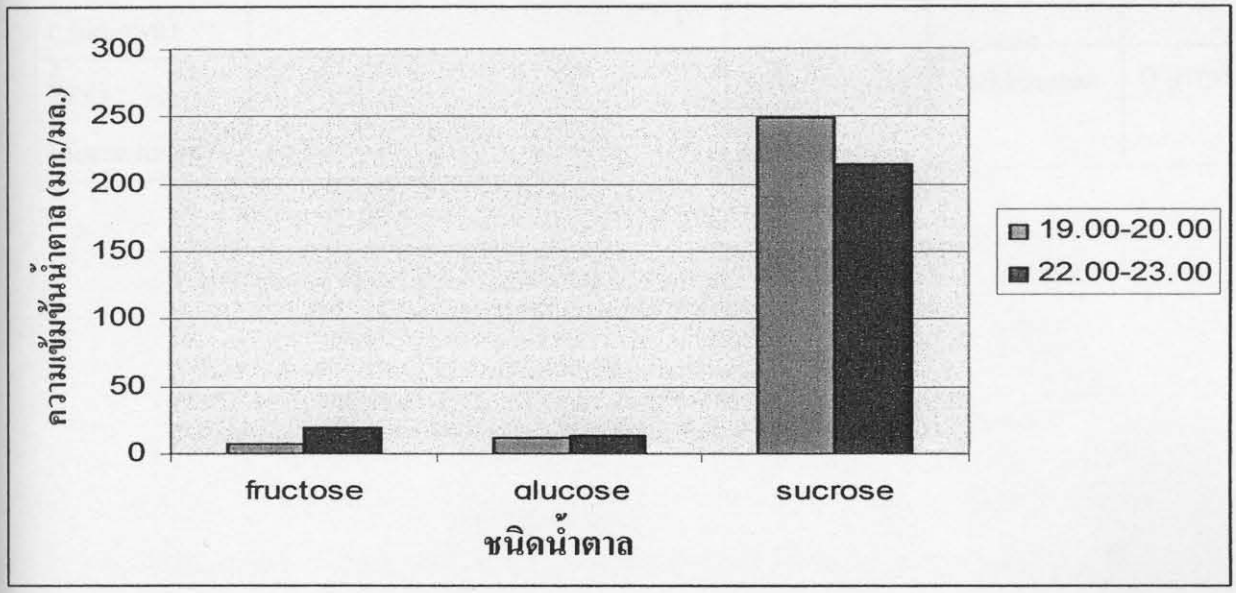


ภาพที่ 37 ปริมาณและความเข้มข้นของน้ำหวานในดอกสะตอที่เวลาต่างๆ

จากการวิเคราะห์น้ำหวานด้วยเครื่อง HPLC ในตัวอย่างน้ำหวานจากแต่ละช่อดอก พบว่าในน้ำหวานของดอกสะตอประกอบด้วยน้ำตาล 3 ชนิด คือ ฟรุกโตส (fructose) กลูโคส (glucose) และซูโครส (sucrose) ซึ่งพบว่ามีน้ำตาลซูโครส มากที่สุด รองลงมาคือ ฟรุกโตส และ กลูโคส ตามลำดับ และพบความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส ที่เวลา 21.00 – 22.00 นาฬิกา ลดลงจากความเข้มข้นที่เวลา 19.00 -20.00 นาฬิกา แต่พบความเข้มข้นของน้ำตาลฟรุกโตสเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 38) และจากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำหวานในช่อดอกเดียวกันเปรียบเทียบที่เวลา 19.00 – 20.00 นาฬิกา และ 22.00 - 23.00 นาฬิกา พบว่ามีความคล้ายคลึงกับการวิเคราะห์น้ำหวานจากแต่ละช่อดอก คือ พบน้ำตาลซูโครสมากที่สุดและมีความเข้มข้นลดลงที่เวลา 22.00 – 23.00 นาฬิกา แต่พบน้ำตาลฟรุกโตสเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสมีความเข้มข้นไม่แตกต่างกันมากนักที่เวลา 19.00 - 20.00 นาฬิกา และ 22.00 – 23.00 นาฬิกา (ภาพที่ 39)



ภาพที่ 38 ความเข้มข้นของน้ำตาลแต่ละชนิดในดอกสะตอที่เวลาต่างกัน



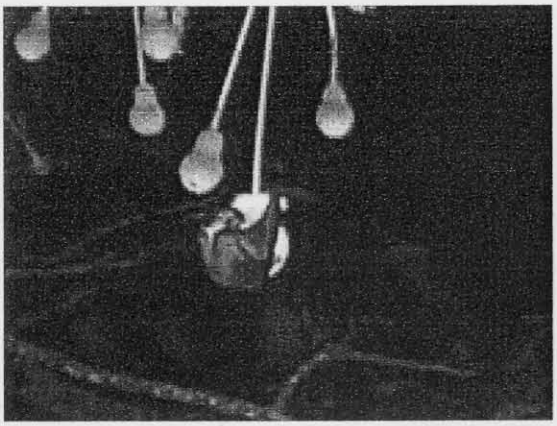
ภาพที่ 39 ความเข้มข้นของน้ำตาลจากน้ำหวานช่อดอกสะตอเดียวกันที่เวลาต่างกัน

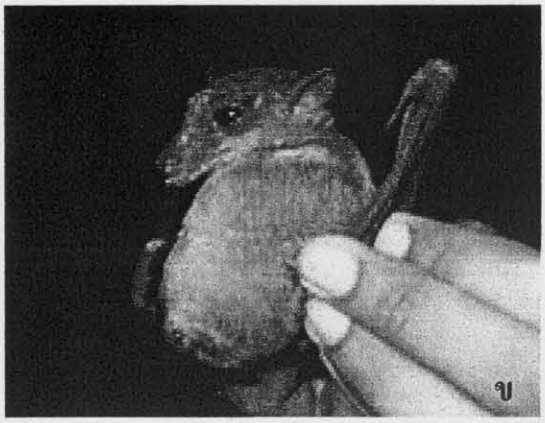
7. ศึกษาชีวพาหะที่สัมพันธ์กับการเจริญของช่อดอกสะตอ

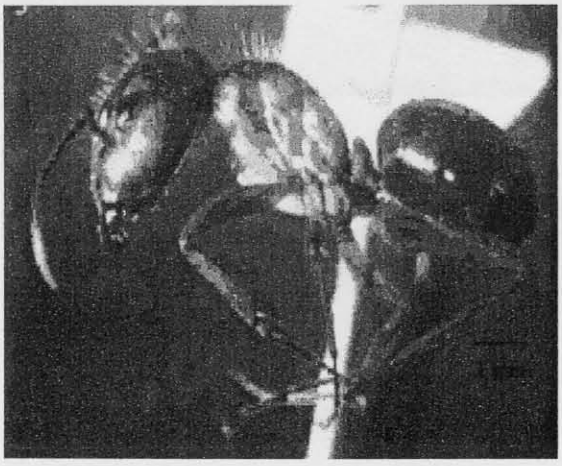
จากการศึกษาชีวพาหะที่เข้ามาเยือนดอกสะตอทั้งดอกสะตอข้าวและสะตอดาน เริ่มพบการเข้ามาเยือนของชีวพาหะที่เวลา 18.00 นาฬิกา และไม่พบการเข้ามาเยือนอีกเลยหลังเวลา 03.00 นาฬิกาของวันใหม่ ชีวพาหะที่พบ มี 7 ชนิด (ตารางที่ 12 และภาพที่ 40, 41)

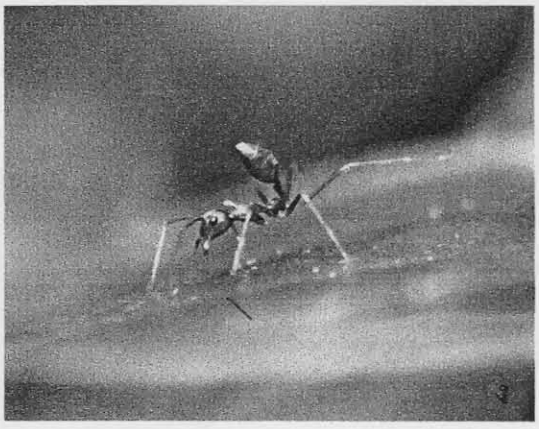
ตารางที่ 12 ชนิดของชีวพาหะที่เข้ามาเยือนดอกสะตอ

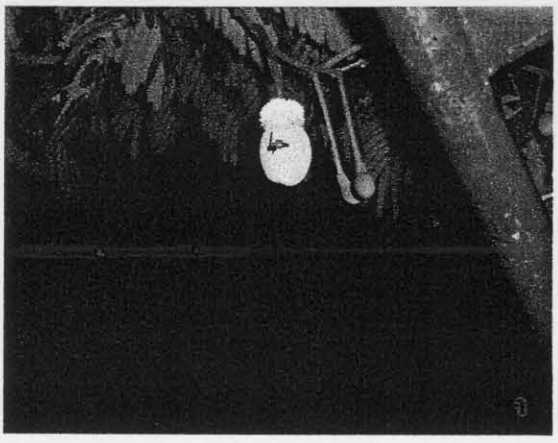
ชื่อทั่วไป	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสกุล	ชื่อวงศ์	ภาพที่ 40, 41
ค้างคาวเล็บกุด	*Eonycteris spelaea* Dobson	*Eonycteris*	Pteropodidae	A,B
มด carpenter	*Camponotus* sp.	*Camponotus*	Formicidae	C
มดแดง	*Oecophylla smaragdina* Frabricius	*Oecophylla*	Formicidae	D
ผึ้งพันธุ์	*Apis melliferra* L	*Apis*	Apidae	E,F
-	*Othreis homaena* Hubner	*Othreis*	Notuidae	A,B (ภาพที่ 41)
Moths (unknown)	-	-	-	C (ภาพที่ 41)
จิ้งจก (house lizard)	-	*Hemidactylus*	Gekkonidae	D (ภาพที่ 41)

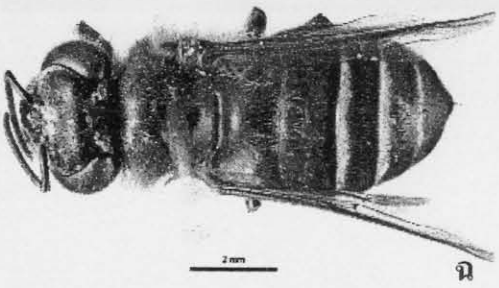












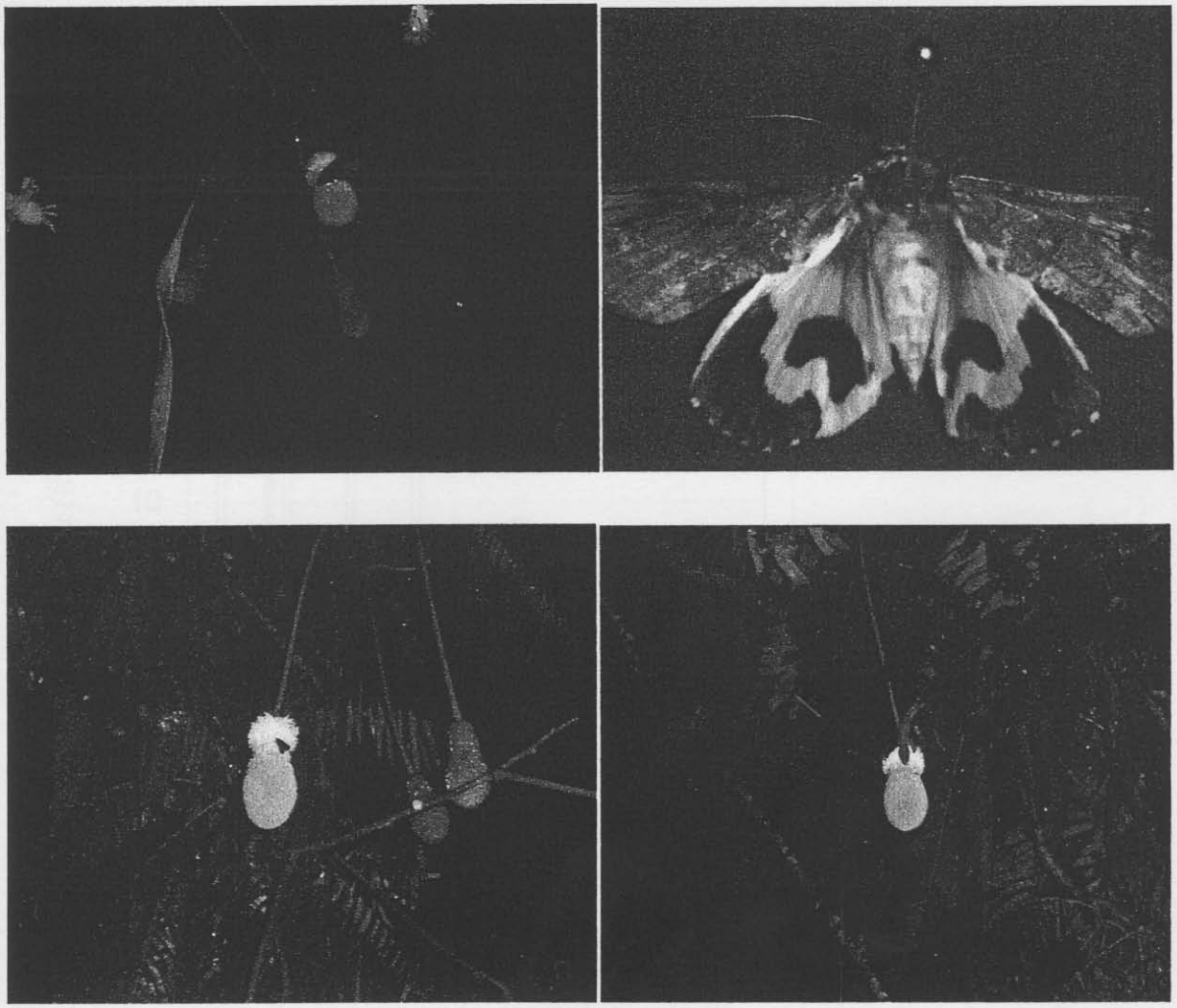
ภาพที่ 40 ชีวพาหะที่เข้ามาเยือนดอกสะตอ

ก, ข : *Eonycteris spelaea*

ค : *Camponotus sp.*

ง : *Oecophylla.smaragdina*

จ, ฉ : *Apis mellifera*



ภาพที่ 41 ชีวพาหะที่เข้ามาเยือนดอกสะตอ

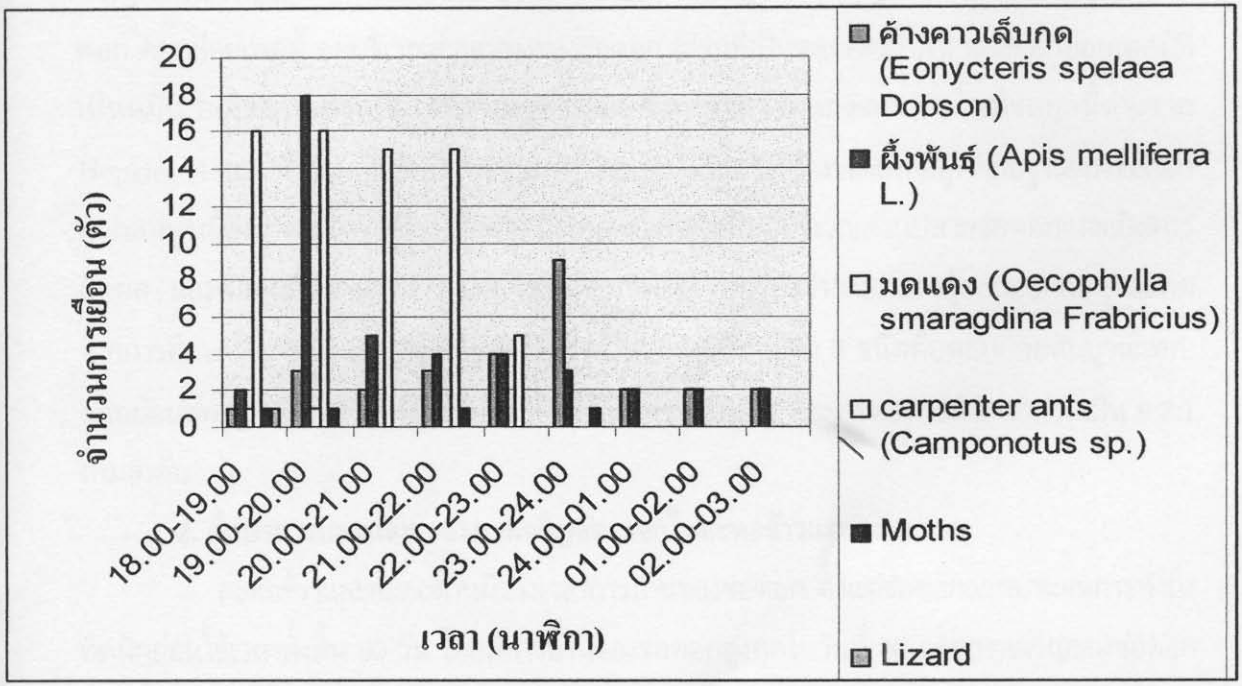
ก, ข : *Othreis homaena*,

ค : Moth (unknown)

ง : *Hemidactylus* (Lizard)

)

กลุ่มที่พบมากคือ ผึ้งพันธุ์ และมด carpenter แต่ไม่พบการเข้ามาเยือนอย่างสม่ำเสมอและเป็นประจำ ชีวพาหะที่เข้ามาเยือนอย่างสม่ำเสมอและเป็นประจำคือ ค้างคาวเล็บกุด เวลาที่พบการเข้ามาเยือนของชีวพาหะมากที่สุดคือ 19.00 – 20.00 นาฬิกา (ภาพที่ 42)



ภาพที่ 42 ชนิดและจำนวนชีวพาหะที่เยือนดอกสะตอในแต่ละชั่วโมง

วิจารณ์ผล

1. การสำรวจ ลักษณะพันธุ์ และสัณฐานวิทยาของสะตอข้าวและสะตอดาน

จากการสำรวจในพื้นที่ภาคใต้ทั้งฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตก พบว่าสะตอข้าวและสะตอดาน มีรูปร่างลักษณะทรงพุ่ม ลำต้น ใบและช่อดอกภายนอกไม่แตกต่างกัน ลักษณะช่อดอกจะเป็นกระจุกแน่น ในช่อดอกมีดอกย่อย 3 ชนิด คือ ดอกย่อยสมบูรณ์เพศ อยู่บริเวณส่วนปลายสุดของช่อดอก ดอกย่อยเพศผู้ อยู่บริเวณส่วนกลางของช่อดอก (ส่วนที่เป็นคอคอดเข้ามา) และดอกย่อยเพศผู้ที่เป็นหมัน อยู่บริเวณส่วนที่ติดกับก้านชูช่อดอก ซึ่งการจัดจำแนกดอกย่อยในพืชสกุลนี้ต่างจาก Hopkins (1983) ที่จำแนกออกเป็น ดอกเพศผู้ ดอกจะไม่มีโครงสร้างของเพศอยู่ติดกับฐานของช่อดอก ดอกสมบูรณ์เพศ จะมีโครงสร้างเป็นดอกกะเทย ดอกชนิดนี้อยู่บริเวณส่วนปลายช่อดอกและเกิดการติดผล และดอกผลิตน้ำหวาน โครงสร้างเป็นดอกเพศผู้ อยู่ระหว่างดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศ จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า สะตอข้าวมีอัตราส่วนของดอกย่อยทั้ง 3 ชนิดคือดอกย่อยสมบูรณ์เพศ: ดอกย่อยเพศผู้:ดอกย่อยเพศผู้ที่เป็นหมัน ในอัตราส่วน 16:5:1 และสะตอดานมีอัตราส่วนเป็น 9:2:1 ตามลำดับ

2. ศึกษาการบานและระยะการเจริญของดอกในสะตอข้าวและสะตอดาน

สะตอข้าวและสะตอดานมีช่วงเวลาการบานของช่อดอก ตั้งแต่ช่อดอกแรกบานจนกระทั่งถึงติดฝักอ่อนใช้เวลาทั้งสิ้น 50 วัน โดยมีการบานของช่อดอกสูงสุดในวันที่ 48 และการเจริญของช่อดอกสะตอข้าวและสะตอดานเหมือนกันโดยดูจากรูปร่าง ขนาดและสีของช่อดอก สามารถแบ่งออกได้เป็น 11 ระยะ เป็นเวลา 50 วัน และพบว่าในแต่ละช่อดอก ดอกย่อยเพศผู้ที่เป็นหมันบานก่อนโดยบานเวลาประมาณ 12.00 นาฬิกาเป็นต้นไป ดอกย่อยสมบูรณ์เพศบานในช่วงเวลา 14.00 นาฬิกา และดอกย่อยเพศผู้บานในช่วงเวลา 16.00 นาฬิกา ต่อมาจึงบานเต็มที่พร้อมรับการผสมประมาณเวลา 18.00 นาฬิกาเป็นต้นไป ดังนั้นในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ 18.00 นาฬิกาจึงเป็นเวลาที่เหมาะสมกับชีวพาหะที่ออกหากินในเวลาพลบค่ำ ซึ่งสอดคล้องกับในพืช *P. bicolor* โดย Nepi และ Panici, (1993) พบว่าระยะแรกมีการบานของดอกผลิตน้ำหวานและดอกให้กลิ่นตามลำดับ หลังจากนั้นจะมีการปลดปล่อยกลุ่มเรณู ในเวลา 19.00 – 20.00 นาฬิกา และในระยะถัดมาพบว่าในดอกย่อยสมบูรณ์เพศ เกสรเพศเมียจะยืดยาวออกมาพ้นกลีบดอกในเวลา 24.00 นาฬิกา การบานของดอกในพืชแต่ละชนิดจะมีกลไกภายในที่แตกต่างกันไปเรียกว่า floral clock

Grunmeier, 1990 พบว่าค้างคาวเป็นชีวพาหะที่สำคัญที่เข้าไปผสมพันธุ์ให้พืชในช่วงเวลา 18.00 – 19.00 นาฬิกา เพราะว่าเป็นเวลาที่เหมาะกับพฤติกรรมการออกหาอาหารของค้างคาว

3. ศึกษาเปรียบเทียบกลุ่มเรณู การงอก การเจริญ และความมีชีวิตของเรณูจากดอกย่อยสมบูรณ์เพศและดอกย่อยเพศผู้ในสะตอข้าวและสะตอดาน

การงอก การเจริญ และความมีชีวิตของเรณูจากดอกย่อยสมบูรณ์เพศและดอกย่อยเพศผู้ในสะตอข้าวและสะตอดานสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 จำนวนกลุ่มเรณู การงอก และความมีชีวิตของเรณูในสะตอข้าวและสะตอดาน

	สะตอข้าว		สะตอดาน	
	ดอกย่อยสมบูรณ์เพศ	ดอกย่อยเพศผู้	ดอกย่อยสมบูรณ์เพศ	ดอกย่อยเพศผู้
จำนวนกลุ่มเรณูต่ออับเรณู	41.59 ± 2.12	53.08 ± 2.46	71.92 ± 9.28	12.80 ± 6.48
การงอกของหลอดเรณู (%)	71.45 ± 4.11	51.81 ± 3.13	74.25 ± 3.11	67.05 ± 2.19
ความยาวของหลอดเรณู (μm)	93.5 ± 3.65	72.00 ± 0.5	71.60 ± 2.13	82.90 ± 1.17
ความมีชีวิตของเรณู (%)	71.95	77.99	76.90	82.21

จากการศึกษาในพืช *F. akbida* พบว่าจากเรณูที่มี 32 เม็ดต่อกลุ่มเรณู เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารจะมีจำนวนของหลอดเรณูที่งอก เท่ากับ 12 หลอดต่อกลุ่มเรณู และความมีชีวิตซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของอรรถกร (2547) พบว่าความมีชีวิตของเรณูส้มจุก (*Citrus reticulata* Blanco) เมื่อเก็บมาทดสอบที่เวลา 0 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตสูงสุด เท่ากับ 89.00 เปอร์เซ็นต์ และความมีชีวิตของเรณูดูกู (*Aglaia dookkoo* Griff.) เมื่อเก็บมาทดสอบที่เวลา 0 ชั่วโมง พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตสูงสุด เท่ากับ 90.00 เปอร์เซ็นต์ (มงคลและคณะ, 2543) นอกจากนี้ยังพบรายงานการศึกษาความมีชีวิตของเรณูในพืชอื่นๆ พบว่าเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตจะสูงสุดหลังจากเก็บมาจากต้นหลังดอกบานใหม่ๆ ในช่วงระยะแรก เช่น ส้มโอหอมหาดใหญ่ (*Citrus maxima* Burm. Merrill) (ไมตรี, 2538) มะม่วงหิมพานต์ (*Anacardium occidentale* L.) (Wunnachit, 1991) และทุเรียน (*Durio zibethinus* L.) (ทรงพล, 2530) ทั้งนี้อุณหภูมิและความชื้นภายนอกมีผลกระทบต่อความมีชีวิตของเรณูโดยจะเร่งและยับยั้งกระบวนการเมทาบอลิซึมภายในเซลล์ของเรณูจนนำไปสู่การเสื่อมสภาพของความมีชีวิตได้เร็วขึ้น (เบญจพร, 2545 ; ลาวัลย์, 2539 ; Ferris et al., 1998 ; Adaniya, 2001; Hedhly et al., 2004)

4. ศึกษากายวิภาคของดอกย่อยเพศผู้เป็นหมัน ดอกย่อยเพศผู้ และดอกย่อยสมบูรณ์เพศ

ดอกสะตอมีลักษณะดอกแบบ pentamerous floret ประกอบด้วยเกสรเพศเมีย 1 คาร์เพล เกสรเพศผู้ 10 - 12 อันเรียงตัวเป็น 1 วง โดยมีตำแหน่งตรงและสลับกับกลีบดอกทั้ง 5 กลีบ และมีกลีบเลี้ยงตอนเริ่มเกิด 5 กลีบ มีออวุลประมาณ 12 อันต่อรังไข่และติดกับรกแบบ anatropous

การเติบโตของดอกย่อยพบว่าสามารถแบ่งระยะการเจริญออกเป็น 9 ระยะ และเมื่อทำการศึกษาถึงการพัฒนา โดยมุ่งเน้นความสนใจไปที่เซลล์สืบพันธุ์ของดอกย่อยแต่ละระยะก็พบว่าสามารถแบ่งการเจริญออกได้เป็น 4 ช่วง ดังนี้

ช่วง ก. ลำดับการเกิดจะเริ่มจาก sepal primordia, petal primordia, androecium, และ gynoecium ตามลำดับ โดยเกิดเป็นลำดับแน่นอนและมีทิศทางเข้าสู่ศูนย์กลาง (sequential and centripetal process) เรียกช่วงนี้ว่า floral organ initiation

ช่วง ข. เป็นขั้นตอนที่มีการเริ่มสร้างเซลล์สืบพันธุ์ขึ้นในเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมีย โดยกระบวนการแบ่งตัวของเซลล์เพื่อให้ได้ microspore หรือ megaspore เรียกช่วงนี้ว่า microsporogenesis หรือ megasporogenesis ตามลำดับ

ช่วง ค. เป็นระยะที่มีการแบ่งตัวแบบไมโตซิสของเซลล์แฮพลอยด์เรียกช่วงนี้ว่า megagametogenesis หรือ microgametogenesis

ช่วง ง. เป็นช่วงที่เซลล์สืบพันธุ์มีความพร้อมที่จะปฏิสนธิ เรียกช่วงนี้ว่า maturity of megagametophyte หรือ maturity of microgametophyte

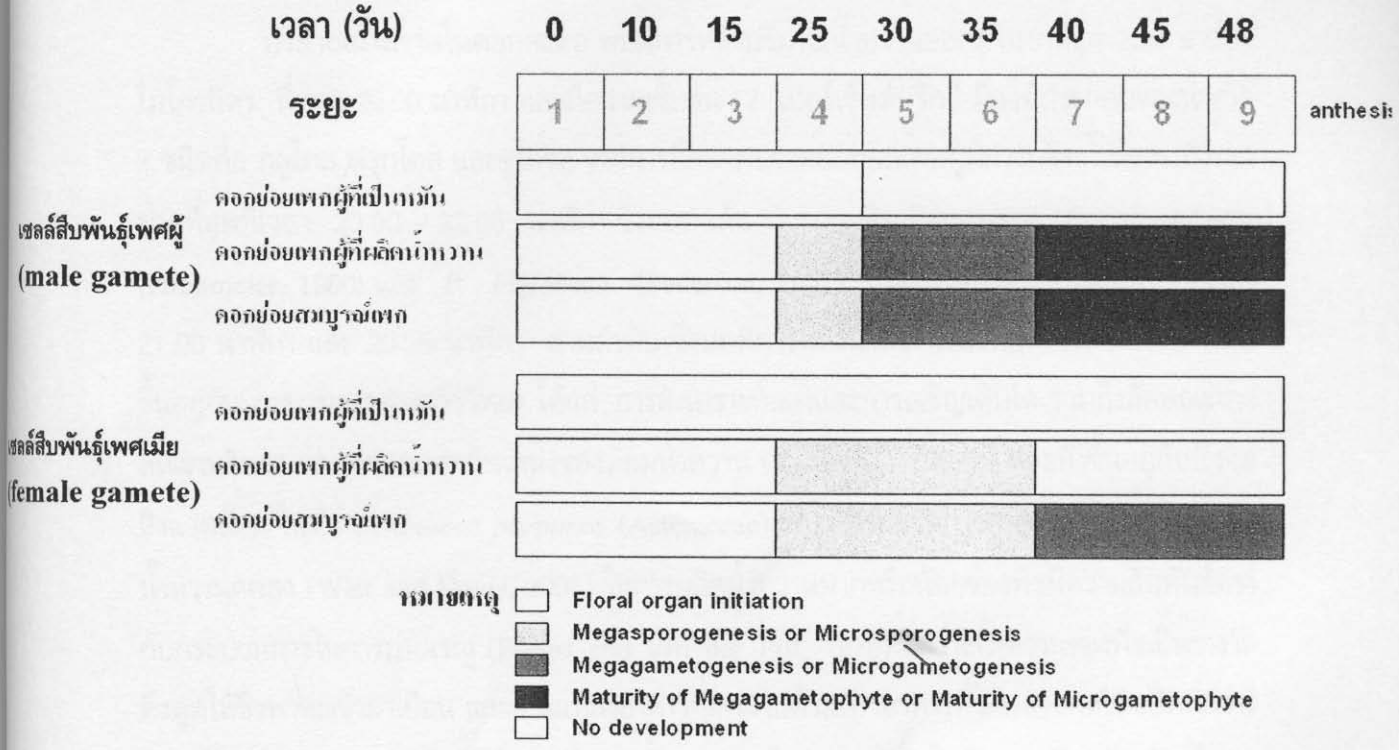
ระยะในดอกย่อยแต่ละชนิดจะถูกแยกเป็นช่วงได้ดังนี้

ในดอกย่อยเพศผู้ที่เป็นหมัน ช่วง ก. เริ่มจากระยะที่ 1 - 4 ส่วนช่วง ข. – ช่วง ง. นั้นไม่มีเนื่องจากดอกย่อยชนิดนี้จะมีเพียงการเพิ่มขนาดของดอกเท่านั้น

ดอกย่อยเพศผู้ที่ผลิตน้ำหวาน เกสรเพศผู้ : ช่วง ก. เริ่มจากระยะที่ 1-3 ช่วง ข. คือระยะที่ 4 ช่วง ค. เริ่มจากระยะที่ 5 – 6 ช่วง ง. เริ่มจากระยะที่ 7 - 9 และไม่พบการเจริญของเกสรเพศเมีย

ดอกย่อยสมบูรณ์เพศ เกสรเพศผู้ : ช่วง ก. เริ่มจากระยะที่ 1 - 3 ช่วง ข. คือระยะที่ 4 ช่วง ค. เริ่มจากระยะที่ 5 – 6 ช่วง ง. เริ่มจากระยะที่ 7 – 9 เกสรเพศเมีย : ช่วง ก. เริ่มจากระยะที่ 1 – 3 ช่วง ข. คือระยะที่ 4 – 6 ช่วง ค. เริ่มจากระยะที่ 7 – 9 ช่วง ง. อยู่หลังระยะที่ 9 จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปในรูปของแผนภาพได้ดังนี้

แผนภาพแสดงช่วงการเจริญของดอกย่อยสะตอ



ลักษณะของเรณู เรณูติดกันเป็นกลุ่มโดยแต่ละกลุ่มประกอบด้วยเรณู 16 อัน กลุ่มเรณูมีขนาดใหญ่ ลักษณะและขนาดของกลุ่มเรณูในดอกย่อยสมบูรณ์เพศมีลักษณะใหญ่และรีกว่ากลุ่มเรณูของดอกย่อยเพศผู้ ขนาดของกลุ่มเรณูในดอกย่อยสมบูรณ์เพศมีขนาดเฉลี่ย 87.13 ± 2.17 x 65.85 ± 1.99 ไมครอน และดอกย่อยเพศผู้เฉลี่ย 71.67 ± 2.04 x 60.92 ± 2.58 ไมครอน ความยาวของแนวขั้วต่อแนวแกนในดอกย่อยสมบูรณ์เพศเฉลี่ย 1.32 ± 1.29 และดอกย่อยเพศผู้เฉลี่ย 1.18 ± 1.54 ผิวมีลวดลายเป็นร่างแห ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสุคนธ์และคณะ, 2549; Hopkins, 1984; Grunmeier, 1990; Luckow and Hopkins, 1995 และ Grunmeier (1990) พบว่าดอกสมบูรณ์เพศของ *P. bicolor* มีขนาดของกลุ่มเรณู 80 – 96 x 71 - 82 ไมครอน Wee และ Rao (1980) พบว่าเรณูของเหรียง (*P. javanica*) ของดอกสมบูรณ์เพศ และดอกเพศผู้มีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 98.80 x 81.10 และ 89.40 x 74.60 ตามลำดับ

5. ศึกษาปริมาณน้ำหวานในช่อดอก

ปริมาณน้ำหวานในดอกสะตอ พบมีการหลั่งปริมาณน้ำหวานออกมามากที่สุด 2.20 ± 0.85 ไมโครลิตร ที่เวลา 20.00 นาฬิกา และมีความเข้มข้น 17 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ มีองค์ประกอบของน้ำตาล 3 ชนิดคือ กลูโคส ฟรุกโตส และซูโครส จากการศึกษาพบว่าดอกย่อยเพศผู้มีการผลิตน้ำหวานปริมาณมากที่สุดที่เวลา 20.00 – 22.00 นาฬิกา ซึ่งสอดคล้องกับการผลิตน้ำหวานของ *P. bicolor* (Grunmeier, 1990) และ *P. biglobosa* (Petterson, 2001) ที่มีการผลิตน้ำหวานมากที่สุดที่เวลา 21.00 นาฬิกา และ 20.15 นาฬิกา ตามลำดับ ซึ่งปกติการหลั่งน้ำหวานของดอกมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับกระบวนการทางสรีรวิทยา ได้แก่ การสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโต รวมถึงลักษณะทางสัณฐานวิทยา เช่น ขนาดและตำแหน่งของต่อมน้ำหวาน (Rathcke, 1992) และยังขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม ในพืช *Echinacea purpurea* (Asteraceae) พบว่ากระบวนการคายน้ำมีผลทำให้ปริมาณน้ำหวานลดลง (Wist and Davis, 2006) ในการผลิตน้ำหวานมากหรือน้อยของพืชมีความสัมพันธ์ตรงกับกระบวนการในการถ่ายเรณู (Faegri and van der Pijl, 1979) เพราะน้ำหวานของพืชเป็นรางวัลดึงดูดให้ชีวพาหะเข้ามาเยือน และเป็นแหล่งอาหารที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่ให้พลังงานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต จึงมักพบความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำหวานกับชีวพาหะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน อันเป็นผลมาจากการวิวัฒนาการร่วมกันมาเป็นเวลายาวนานระหว่างพืชและพาหะถ่ายเรณู (Rahn, 1980; Barnard, 1983) และจากการศึกษาพบว่าแม้น้ำหวานจะหยุดหลั่งไปแล้วยังพบการเข้ามาเยือนของค้างคาวอีก เนื่องจากดอกแต่ละดอกบนต้นเดียวกันมีความแปรผันในการสร้างน้ำหวาน (Feinsinger, 1978) การสิ้นสุดของการเข้ามาเยือนจึงไม่สัมพันธ์กับการสิ้นสุดของการหลั่งน้ำหวาน ยิ่งความแปรผันในการสร้างน้ำหวานของแต่ละดอกบนต้นเดียวกันมีมากก็ยิ่งทำให้พาหะถ่ายเรณูใช้เวลาในการหากินบนต้นนั้นนานขึ้นและยังเข้ามาอยู่เรื่อยๆ เพื่อตรวจสอบและค้นหาดอกที่ยังมีการหลั่งน้ำหวานอยู่ (Feinsinger, 1978)

การวิเคราะห์น้ำหวาน โดยทั่วไปน้ำหวานในดอกมีเฉพาะสารละลายของน้ำตาลเท่านั้น ซึ่งในสารละลายน้ำตาลประกอบด้วยน้ำตาล 3 ชนิด ได้แก่ ฟรุกโตส กลูโคส และซูโครส (Roberts, 1979) และอาจพบ oligosaccharides บ้างเล็กน้อย (Harbone, 1998) การศึกษาพืช *Erythrina crista-galli* (Fabaceae) พบมีน้ำตาล hexose มาก (Galleto *et al.*, 2000) sirato (*Macroptilium atropurpureum* Urb.) พบน้ำตาลกลูโคส เพียงชนิดเดียว (Toledo *et al.*, 2005) *Phytolacca dioica* (Phytolaccaceae) พบน้ำตาลกลูโคสมาก รองลงมาคือ น้ำตาลฟรุกโตส และพบกรดอะมิโนบ้างเล็กน้อย (Bernadello *et al.*, 1993)

เป็นที่เชื่อถือได้ว่าชนิดน้ำตาลในน้ำหวานของดอกไม้มีความสัมพันธ์กับความถี่ของการเข้ามาเยือนดอกไม้ของชีวพาหะ แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับชนิดของชีวพาหะเช่น ในการศึกษาพืช *M. atropurpuream* พบว่ามีน้ำตาลกลูโคสเพียงชนิดเดียว มีผึ้งเป็นชีวพาหะ (Toledo *et al.*, 2005) สอดคล้องกับการศึกษาความเข้มข้นของน้ำตาลในน้ำหวานของ *P. aculeala* และ *P. pinata* ที่พบน้ำตาลกลูโคสมาก พบว่ามีเฉพาะผึ้งเท่านั้นที่เข้ามาเยือน แต่ในการศึกษาของ Canto และคณะ (2007) ในพืช *A. cazorlensis* และ *A. vulgaris* ซึ่งอุดมไปด้วยน้ำตาลซูโครส ก็มีผึ้งเป็นชีวพาหะ ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอของ Waller (1972) ที่เสนอว่า น้ำหวานที่อุดมด้วยซูโครสมักดึงดูดผึ้งได้ดี และในสะตอที่ทำการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีน้ำตาลซูโครสมากที่สุด ซึ่งมีค้างคาว ผึ้งและชีวพาหะชนิดอื่นๆ เข้ามาเยือน

6. ศึกษาชีวพาหะที่สัมพันธ์กับการเจริญของช่อดอกสะตอ

จากผลการศึกษาการเข้ามาเยือนของชีวพาหะแม้จะพบว่าผึ้งพันธุ์ (*A. mellifera*) และ มด (*Camponotus* sp.) เข้ามาเยือนเป็นจำนวนมากกว่าชีวพาหะอื่นๆ แต่ไม่สามารถจัดว่าเป็นชีวพาหะหลักที่ช่วยถ่ายเรณูในสะตอได้ เพราะจากการศึกษาพบว่าชีวพาหะทั้ง 2 ชนิด มีการเข้ามาเยือนไม่สม่ำเสมอและไม่เป็นประจำ การที่พบจำนวนของชีวพาหะทั้ง 2 ชนิดเข้ามามากเนื่องจากผึ้งและมดเป็นสัตว์สังคม การออกหากินมีการออกร่วมกันทั้งฝูงทำให้ในแหล่งอาหารหนึ่งๆ พบเป็นจำนวนมาก (Faegri and van der Pijl, 1979) ชีวพาหะชนิดอื่นที่พบได้น้อยและการเข้ามาเยือนไม่เป็นประจำและสม่ำเสมอได้แก่ ผีเสื้อกลางคืน (moths) เพราะด้วยลักษณะของรูปร่าง การบิน ความต้องการอาหารที่น้อย จึงขาดความแน่นอน (สมนึก, 2530) ค้างคาวจัดว่าเป็นชีวพาหะที่สำคัญของพืชที่มีดอกบานในตอนกลางคืน (Faegri and van der Pijl, 1979) และเป็นสัตว์ผู้ช่วยถ่ายเรณูหลักในสะตอ ซึ่งจากการศึกษาค้างคาวเล็บกุด (*E. spelaea*) มีการเข้ามาเยือนเป็นประจำและสม่ำเสมอ โดยจะมีการเข้ามาเยือนตั้งแต่เวลาที่สะตอเริ่มหลั่งน้ำหวานไปจนถึงเวลา 03.00 นาฬิกา ซึ่งจะไม่พบการเข้ามาหลังจากนี้ และมีรูปแบบการเข้ามาเยือนที่ขึ้นกับช่วงเวลาที่แน่นอนเป็นรูปแบบที่ปรากฏเหมือนกันทุกวัน (เอกพงศ์, 2548) ทั้งนี้จำนวนดอกที่บานต่อต้นและตำแหน่งของต้นสะตอที่อยู่ในที่โล่งหรือติดถนนเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้พบจำนวนของค้างคาวมากหรือน้อย โดยในต้นที่อยู่ติดถนนจะพบจำนวนค้างคาวมากกว่าเพราะพฤติกรรมการบินของค้างคาวมักจะบินตามถนนหรือที่โล่งเป็นส่วนใหญ่ ส่วนจำนวนดอกที่บานต่อต้นมีความสำคัญในการปล่อยกลิ่นที่มีสารประกอบซัลเฟอร์ ซึ่งดึงดูดค้างคาวให้เข้ามาเยือนได้อย่างดี (Helversen *et al.*, 2000)

เอกสารอ้างอิง

กัญจนา ดีวิเศษ. 2542. ผักพื้นบ้านภาคใต้. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

เทียมใจ คมกฤส. 2542. กายวิภาคของพฤกษ์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เบญจพร ชูสิงห์. 2545. ชีววิทยาของดอกส้มโชกุน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เอกพงศ์ ศรีเปารยะ. 2548. ความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งน้ำหวานและการมาเยือนของค้างคาวเล็บกุด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตววิทยา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ทรงพล สมศรี. 2530. การศึกษาการผสมเกสรทุเรียนพันธุ์ชะนี ก้านยาวโดยใช้เกสรตัวผู้พันธุ์ต่างๆ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นพรัตน์ บำรุงรักษ์. 2531. ทุเรียน. ว.รูสมิแล 11 : 28-38.

มงคล แซ่หลิม, จรัสศรี นวลศรี และอุไรวรรณ นามศรี. 2543. ความมีชีวิตของละอองเรณูของลองกองลางสาด และดูกู. ว. สงขลานครินทร์ 22 : 35-41.

ไมตรี แก้วทับทิม. 2538. ชีววิทยาดอกและการถ่ายละอองเกสรของส้มโอพันธุ์หาดใหญ่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ภูวดล บุตรรัตน์. 2547. โครงสร้างภายในของพืช Internal Structure of Plants. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

ลาวัลย์ รักสัตย์. 2539. ละอองเรณู. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

ลิลลี่ กาวีต๊ะ. 2546. การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานและพัฒนาการของพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิจิตต์ วรรณชิต. 2535. การผสมเกสรของมะม่วงหิมพานต์. ว.สงขลานครินทร์. 1 : 111-117

สมนึก บุญเกิด. 2530. แมลงผสมเกสร. วารสารกีฏและสัตวศาตร์. 9(1) : 38-44.

สุคนธ์ วงศ์ชนะ , วิจิตต์ วรรณชิต และ สาระ บำรุงศรี. 2549. โครงสร้างดอก เพศดอก และการติดผลของสะตอ. ว.วิชาการเกษตร 24 : 20-33.

อรรถกร สวัสดิพันธ์. 2547. การเจริญของละอองเรณูในดอกส้มจุก (*Citrus reticulata* Blanco) และชนิดของแมลงที่เข้ามาเยือน. โครงงานทางชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Adaniya, S. 2001. Optimal pollination environment of tatraploid ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) evaluated by in vitro pollen germination and pollen tube growth in styles. Scientia Horticulturae 90 : 219-226.

Bernardello, L.M, Galleto, L., and Juliani, H.R. 1993. Nectar, Nectario y visitants florales en *Phytolacca dioica* (Phytolaccaceae). Revista Brasileira de Botanica. 16 : 9-15.

Bocquet, G. & Bersier, J.D. 1960. La valeur systématique de l'ovule:. Développements tératalogiques. Archives des Sciences 13,. 475-496.

Bor, J. 1978. A note anarophy versus orthotrophy. Ohytomorphology. 28 : 219-224.

Bouman, F. & Boesewinkel, F.D. 1991. The campylotropous ovule and seed, their structure and functions. Botanische Jahrbucher fur Systematik, 113 : 255-270.

Buttrose, M.S., Grant, W.J.R. and Sedgley,M. 1981. Floral development in Acacia pycnantha Benth. In Hook. Aust. J. Bot. 29 : 385-395.

Canto, A.,Perez, R., Medrano, M., Castellanos,M.C., and Herrara, C. M. 2007. Intra - Plant Variation in Nectar-sugar composition in two Aquilegia species (Ranunculaceae) : Contrasting Patterns under Field and Glasshouse Condition. Annals of Botany. 99 : 653-660.

Davis, O.L. 1996. Systematic embryology of the Angiosperms. John Wiley & Sons, New York.

Faegri, K. and L. van der Pijl. 1979. The Principle of Pollination Ecology. Pergamon Press, London.

Fahn, A. 1982. Plant Anatomy. 3rd ed. Oford: Pergamon Press.

Feinsinger, P. 1978. Ecologyca interaction between plant and hummingbirds in a successional tropical community. Eological Monographs. 48 : 269-287.

Ferris, R., Ellis, R. H., Wheeler, T. R. and Hadley, P. 1998. Effect of high temperature stress at anthesis on grain yield and biomass of field-grown crops of wheat. Annals of Botany 82 : 631-639.

Galleto, L., Bernardello, I.C.I., Vesprini, J., Speroni, G., Berduc, A. 2000. Reproductive biology of Erythrina crista-galli (Fabaceae). Annals of the Missouri Botanical Garden . 87(2) : 127-145.

Grunmeier, R. 1990. Pollination by bats and non-flying mammals of an African tree Parkia bicolor (mimosaceae). Memoirs of the New York Botanical Garden 55 : 83-104.

Harborne, J. B. In: Harborne, J. B. 1998. Phytochemical Methods: A guide to modern techniques of plant analysis. Chapman & Hall. New York. pp. 238-241.

Hedhly, A., Hormaza, J. I. and Herrero, M. 2004. Effect of temperature on pollen tube kinetics and dynamics in sweet cherry, Prunus avium (Rosaceae). American Journal of Botany 91 : 558-564.

Helversen, O. von, Winkler, L. and Bestmann, H. J. 2000. Sulphur-containing "perfumes" attract flower-visiting bats. Journal of Comparative Physiology. 180 : 143-153.

Hopkins, H. C. 1984. Floral biology and pollination ecology of the neotropical species of Parkia. Journal of Ecology 72 : 1-23.

Johansen, D. A. 1940. Plant microtechnique. New York: McGrew-Hill Book Company.

Keng H. 1969. Order and Families of Malayan Seed Plants. University of Malaya. Kuala Lumpur.

Luckow, M. and H.C. Hopkins 1995. A cladistic analysis of Parkia (Leguminosae:Mimosoideae). American Journal of Botany, 82 : 1300-1320.

Lyrene, P. M. 1983. Flowering and Friiting of Chinese jujubes in Florida. HortScience. 18 : 200-209.

Maria C.C.M. and E.A.M,Jorge. 2003. Ovule ontogenesis and megasporogenesis in Adesmia latifolia (Spreng.) Vog. (Leguminosae-Papilionoideae). 2003. Revista Brasil. Bot., V. 26. n.4, p. 495-502.

Nepi, M. and Panici, E. 1993. Pollination, Pollen Viability and Pistil Receptivity in Cucurbita pepo. Annals of Botany. 72 : 527-536.

Pettersson, S. and Knudsen, J.T. 2001. Floral scent and nectar production in Parkia biglobosa Jacq. (Leguminosae : Mimosoideae) Botanical Journal of the Linnean Society. 135 : 97-106.

Prakash, N. 1987. Embryology of the Leguminosae. In Advances in Legume Systematics 3 (C.H. Stirton, ed.). Royal Botanic Gardens, Kew. 241-278.

Rahn, J. 1980. Biology: The science of life. 2nded. Collier Macmillan publishers. London. pp. 673.

Rathcke, B.J. 1992. Nectar Distributions, Pollinator Bahavior, and Plant Repeoductive Success, Effects of Resource Distribution on Animal-Plant Interactions. Acadamic press, Inc. London. pp. 114-132.

Roberts, R.B. 1979. Spectrophotometric analysis of sugars produce by plants and harvested by insect. Journal Apicultural Research. 18 (3) : 191-195.

Rohidas, S.B. and V.R. Chakrear. 1989. Studies on floral biology of some important citrus species. Kagzi lime (Citrus aurantifolia Swingle.). HortScience 2 : 20-25.

Toledo, V.A.A., Oliveira, A.J.B., Takasusuk, M.C.C.R., Mitsui, M.H., Vieira, R.E., Kotaka, C.S., Chiari, W. C., Filho, L.G., Terada, T. 2005. Sugar content in nectar flowers of siratro (Macroptilium atropurpureum Urb.). Acta Scientiarum. 27 : 105-108.

Waller, G.D. 1972. Evaluating reponses of honey bees to sugar solutions using an Artificial - flower feeder. Annals of the Entomological Society of America. 65 : 857-862.

Wee Y.C. and A.N. Rao. 1980. Anthesis and variation in floral structure of Parkia javanica. The Malaysain florester, 43 : 493-499.

Wist, T.J. and Davis, A.R. 2006. Floral Nectar Production and Nectary Anatomy and Ultrastructure of Echinaceae purpurea (Asteraceae). Annals of Botany. 97 : 177-193.

Wunnachit, W. 1991. The Floral Biology of Cashew (Anacardium occidentale L.) in relation to Pollination and Fruit set. Ph. D. Dissertation, University of Adelaide.