

๕๘๑.4
๗ / 3๘๗
๘ ๘

การศึกษากายวิภาคของเมล็ดพื้งพอน (Barleria lupulina Lindl.)

ปริญญานิพนธ์

ของ

นางนุช มิตรพระจันทร์

๑๒ พ.ค. ๒๕๓๕

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

ตุลาคม ๒๕๓๐

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

178812

การศึกษากายวิภาคของเสลดงิ้วทอง (Barleria lupulina Lindl.)

บทคัดย่อ

ของ

นางนุช มิตรพระพันธ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

ตุลาคม 2530

เนื้อเยื่อเจริญปลายยอดของเสลดพังพอน Barleria lupulina Lindl. °

มีรูปร่างโค้งงอแบบรูปโคม มีความกว้าง 194 ไมครอน และความสูงประมาณ 66 ไมครอน ตามลำกับ ประกอบด้วยพินิทา 2 ชั้น และคอร์พัส

ลำต้นที่มีการเจริญเติบโตในระยะแรก ที่ขึ้นผิวประกอบด้วยเซลล์ 2 - 3 แถว ได้แก่ เซลล์หรือกลุ่มเซลล์ที่เป็นขน ซึ่งพบอยู่ 2 ชนิด คือชนิดที่ส่วนปลายมีคอด และชนิดที่เป็น เซลล์เดี่ยว เซลล์เก็บผลึกแคลเซียมคาร์บอเนต และเซลล์คุม ชั้นคอร์แทกซ์ ประกอบด้วย คอลเลงคิมาที่มีผนังหนาตามมุม 3 - 4 แถว ที่บริเวณขอบ เซลล์คอลเลงคิมา 5 - 6 แถว ที่บริเวณกลาง ๆ และเซลล์พาเรงคิมา 6 - 7 แถว ที่บริเวณในสุด ชั้นสกีล ประกอบด้วย เนื้อเยื่อลำเลียงอยู่รอบนอก และเซลล์พาเรงคิมา อยู่ด้านในหรือที่เรียกว่า พิธ เนื้อเยื่อ ลำเลียงประกอบด้วยเนื้อเยื่อโพลีเอมที่อยู่ด้านนอก และเนื้อเยื่อไซเลมกระจายเป็นวงอยู่ด้านใน Protoxylem เกิดขึ้นเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 2 - 3 เซลล์ ในระหว่างการเจริญเติบโต ระยะที่สอง มี Vascular cambium เกิดขึ้น ระหว่างเนื้อเยื่อไซเลม และเนื้อเยื่อ โพลีเอมของการเจริญเติบโตระยะแรก ขึ้นผิวมีเซลล์มากแถวขึ้นนับได้ 4 แถว ชั้นคอร์แทกซ์ มีไฟเบอร์ที่เจริญเปลี่ยนแปลงมาจากคอลเลงคิมาเกิดขึ้นเป็นกลุ่ม และพบสเกลอริคเป็นกลุ่ม ที่เจริญเปลี่ยนแปลงมาจาก พาเรงคิมาเช่นกัน พบเอนโดเดอร์มิสที่มี Casparian strip ได้ชัดเจนที่ชั้นในสุดของคอร์แทกซ์ในลำต้นที่แก่ขึ้น Vascular cambium แบ่งตัว ให้เซลล์ที่จะเจริญต่อไปอยู่ทางด้านในของแนวแคมเบียม เนื้อเยื่อลำเลียงของการเจริญเติบโต ระยะที่สอง ประกอบด้วย ไซเลมที่เจริญดี มีเซลล์เวสเซลขนาดค่อนข้างใหญ่ และเทรคีด เรียงตัวอยู่เป็นแถวในแนวรัศมี มีแถวของไฟเบอร์สลับด้วยแถวของไซเลมพาเรงคิมาที่มีผนังหนา และมีโพลีเอมที่เจริญได้ไม่ค่อยเกิดขึ้นแทรกอยู่ในไซเลม การเจริญเติบโตระยะที่สองแบบนี้จัดว่า เป็นการเจริญที่ผิดไปจากปกติ เรียกว่า Anomalous growth เซลล์พาเรงคิมาในพิธจะ เปลี่ยนเป็นเซลล์ผนังหนา ในลำต้นปล้องที่ 9 ยังตรวจไม่พบ Periderm

ใบมีกำเนิดที่ขอบความโค้งรูปโคมของเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด เริ่มเกิดโดยพินิทา แถวที่ 1 แบ่งตัวแบบตั้งฉากกับผิว ส่วนพินิทาแถวที่ 2 แบ่งตัวหลายแนว ได้กลุ่มของเนื้อเยื่อ ขุนออกมาเล็กน้อย เรียกว่า ฐานใบแรกเกิด ซึ่งจะมีการแบ่งตัวของเซลล์แถวนอกและเซลล์

ภายใน ทำให้เพิ่มความสูง และความหนา จนต่อมาเข้าสู่ระยะปุ่มใบ ที่ประกอบด้วยเซลล์ผิว แบ่งตัวเพื่อเพิ่มความสูง และเซลล์ภายในแบ่งตัวเพื่อเพิ่มความหนา จนเข้าสู่ระยะสร้าง แผ่นใบ การสร้างแผ่นใบเริ่มต้นโดยการแบ่งเซลล์ของ Marginal meristem ที่เกิดขึ้น เป็นแนวที่ขอบด้านในทั้งสองข้างของปุ่มใบ ในระยะนี้ Marginal initial หรือเซลล์ผิว ของ Marginal meristem แบ่งตัวตั้งฉากกับผิว Submarginal initial หรือเซลล์ ใต้ผิวแบ่งตัวในแนวขนานกับผิวหรือแนวอื่น ๆ ทำให้แผ่นใบยืดยาวออกไปและเพิ่มความหนา ของแผ่นใบ ในระยะแรกแผ่นใบอ่อนประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญ 5 แถว คือ Adaxial protoderm, Adaxial layer, Middle layer, Abaxial layer และ Abaxial protoderm เรียงตามลำดับ Adaxial และ Abaxial protoderm แบ่งตัวตั้งฉาก กับผิว แล้วเจริญต่อไปเป็นเนื้อเยื่อชั้นผิวบน และชั้นผิวล่าง ตามลำดับ เซลล์ใน Adaxial layer จะยืดตัวยาวขึ้น แล้วเจริญเป็นเนื้อเยื่อกลางแผ่นใบชนิดพเลลิเชด เซลล์ใน Middle layer แบ่งตัวเพิ่มจำนวนแถว แล้วเปลี่ยนแปลงไปเป็นเนื้อเยื่อกลางแผ่นใบชนิด สปันจ์ และจะมีบางเซลล์แบ่งตัวซ้ำ ๆ กัน ให้เป็นกลุ่มเซลล์ Procambium ซึ่งต่อไปจะ เจริญเป็นเนื้อเยื่อลำเลียง ดังนั้นแผ่นใบที่เจริญเต็มที่ประกอบด้วยเซลล์ 6 - 7 แถว ปากใบ ก่อนข้างอยู่ในระดับสูงกว่าปกติ และพบเฉพาะที่ด้านผิวล่างเท่านั้น จึงจัดเป็นใบชนิด Hypostomatic และมีการเรียงตัวของเซลล์รอบปากใบเป็นแบบ Diacytic แผ่นใบมี โครงสร้างสองด้านไม่เหมือนกัน จัดเป็นใบชนิด Dorsiventral หรือ bifacial มีเซลล์พเลลิเชด 1 แถวอยู่ใกล้ด้านบน และมีสปันจ์ 2 - 3 แถวใกล้ด้านล่าง

ปลายรากประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญเริ่มต้นที่ส่วนปลายเรียงตัวเป็น 3 แถว ซึ่งจะ เจริญให้ ส่วนประกอบของรากและท่อน้ำเลี้ยง ในการเจริญระยะแรก ที่ผิวชั้นนอก ประกอบ ไปด้วยเซลล์ 1 แถว ชั้นคอร์เท็กซ์ประกอบไปด้วยเซลล์ทวารเคมีมา มีช่องอากาศมากมาย ระหว่างเนื้อเยื่อทวารเคมีมา ชั้นในสุดของบริเวณนี้คือ เอนโดเดอร์มิส ที่ชั้นนี้ประกอบไปด้วย Pericycle 1 - 2 แถว และ Protoxylem 2 - 5 แถว ระหว่างแถวจะสลับด้วย เนื้อเยื่อ Primary phloem เริ่มในการเจริญระยะที่สองจะมี Vascular cambium เกิดขึ้นระหว่างเนื้อเยื่อ Primary phloem และเนื้อเยื่อ Primary xylem แบ่งตัว

ให้เซลล์ที่จะเจริญต่อไปอยู่ทางด้านในของแนวแคมเบียมทั้งหมด ทำนองเดียวกับลำต้นที่มีการเจริญระยะที่สอง เพราะว่าให้ไซเลมเจริญคือ ส่วนโกลีเอ็มเจริญให้เร็วกว่าและแทรกอยู่ในไซเลม และจัดว่าเป็นการเจริญเติบโตระยะที่สองเป็นแบบ *Anomalous growth* สันนิษฐานว่า *Cork cambium* มีกำเนิดจากชั้นคอร์เท็กซ์ที่อยู่ใกล้ ๆ ชั้นผิว *Periderm* มีลักษณะไม่เด่นชัด เพราะว่าประกอบด้วยเซลล์คอร์กที่มีลักษณะไม่สมบูรณ์เรียงไขว้กัน

ปุ่มตาหนามเกิดขึ้นที่ข้อใบ โดยอยู่ทางด้านนอกของตากิ่ง เนื้อเยื่อเจริญปลายยอดของตาหนามประกอบด้วย อนุภา 1 ชั้น และคอร์กไซส์ ต้นกำเนิดและการเจริญเติบโตของปุ่มหนาม มีกำเนิดและการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับตากิ่ง โดยเจริญให้ *Marginal meristem* แต่ไม่สามารถให้กำเนิดแผ่นใบ ดังนั้นโครงสร้างของหนามที่เจริญเต็มที่แล้วจึงดูเหมือนกับก้านใบ หรือ เส้นกลางใบ ที่มีขั้นตอนการเจริญเติบโตเหมือนกับใบ แต่ไม่มีการสร้างแผ่นใบ หรือมีการลดรูปของแผ่นใบ

ANATOMICAL STUDY OF BARLERIA LUPULINA LINDL.

AN ABSTRACT

BY

NONGNUCH MITPRAPUNT

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree
at Srinakharinwirot University

October 1987

The shoot apex of Barleria lupulina Lindl. is dome shaped, 194 microns in width, and 66 microns in height. It consists of 2 layers of tunica and a region of corpus. At the stage of primary growth of the mature stem, the epidermis consists of 2 - 3 layers of cells such as epidermal cells, 2 types of hair cells, glandular and unicellular hair, lithocysts and guard cells. The cortex consists of 3 - 4 layers of angular collenchyma at the outer part, 5 - 6 layers of chlorerchyma at the middle and 6 - 7 layers of parenchyma at the inner part. The stele consists of vascular tissue at the outer part and parenchyma at the inner part of pith. The vascular tissue composes of phloem at the outer part and xylem scattered around at the inner part. The protoxylem appears in cluster, 2 - 3 cells in each. During secondary growth, the vascular cambium occurs between the primary phloem and primary xylem. The epidermal layers are increased into 4 layers. In the cortex, clusters of fibers are differentiated from the angular collenchyma, and sclereids are also differentiated in clusters from the parenchyma. The conspicuous endodermis with Casparian strip is easily found at the inner most layer of the cortex of the older stem. The vascular cambium divides and then gives rised to derivative cells at the inner side of the cambium ring. The secondary vascular tissue has well-developed secondary xylem which consisted of radial arrangement of large vessel members and tracheids, rows of fibers, alternated with thicked-wall parenchyma, and not well-developed secondary phloem is included in the secondary xylem.

This pattern of secondary growth differing from the common is called anomalous growth. Thick-walled parenchymas are differentiated in the pith. The periderm is not present at the ninth internode of the stem.

The leaf of Barleria lupulina Lindl. originates from the base of dome-shaped apex. The initiation is shown by anticlinal division in the first layer of the tunica and by various planes of cell division in the second layer, resulting in a group of cells protruded from the apex, known as a leaf buttress. The leaf buttress continues its growth in length and width by division of the outer layer and the inner cells and reaches the stage of leaf primordium. The leaf primordium comprises of one outer most layer which causing the primordium to extended upward and some inner cells which resulting in the width of the primordium by cell division, until it becomes to the lamina formation stage. The formation of lamina begins by cell divisions of the marginal meristem differentiated on both lateral sides of the adaxial of the leaf primordium. The marginal initial or surface layer of the marginal meristem divides anticlinally and the submarginal initial or subsurface layer of the marginal meristem divides periclinally and also in many planes of cell division which makes the growth in length and width of the lamina. At the early stage, the young lamina consists of 5 layers of meristematic cells, the adaxial protoderm, the adaxial layer, the middle layer, the abaxial layer and the abaxial protoderm, respectively. The adaxial protoderm and abaxial protoderm divide

anticlinally, then give rise to the adaxial or upper epidermis and the abaxial or lower epidermis, respectively. The cells in the adaxial layer become longer and differentiate into palisade mesophyll. The middle layer of cells divide to make more layers and differentiate into spongy mesophyll while a certain cells repeat in cell division to make a cluster of cells, a procambium cluster which differentiated into vascular bundle. Hence the lamina of the mature leaf composes of 6 - 7 layers of cells. The stoma is slightly raised and found only at the lower epidermis so that the leaf becomes hypostomatic. The stomatal apparatus is diacytic type which composed of guard cells and a pair of subsidiary cells arranged in perpendicular to each other. The leaf is a dorsiventral or bifacial type, having one layer of adaxial palisade and 2 - 3 layers of spongy at the abaxial side.

The apical root meristem has three layers of apical initials which give rise to the root body and root cap. At the stage of primary growth, the epidermis consists of 1 layer of cell. The cortex has many rather large air space between parenchymatous tissue and a conspicuous layer of endodermis. The stele composes of 1 - 2 layers of pericycle and vascular tissue with 2 - 5 poles of protoxylem alternated with primary phloem. Vascular cambium occurs between the primary phloem and primary xylem at the beginning of secondary growth stage. The derivative cells are produced only at the inner side of the cambium ring. Similar to the secondary growth of the stem, the well-developed secondary

xylem is presented while not well-developed phloem is included in the xylem. This manner of secondary growth is termed anomalous growth. The cork cambium is thought to originate in the cortex, from the adjacent layer to the epidermis. The periderm is not conspicuous because only few layers of destroyed cork cells are seen.

The thorn bud primordium is located at the leaf axis beyond the axillary bud. The apical meristem of the thorn bud composes of 1 layer of tunica and corpus. The initiation and development of thorn primordium is similar to those in the leaf primordium of axillary bud. It also develops marginal meristem but cannot produces the lamina. Hence the mature structure of a thorn looks like a petiole on midrib and the pattern of development is as the same as a leaf which reduced in leaf blade.

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิต และคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปฏิญานิพนธ์
ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการที่ปรึกษา

..... ประธาน

..... กรรมการ

คณะกรรมการสอบ

..... ประธาน

..... กรรมการ

..... กรรมการ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วย คำแนะนำ และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์เรณู ถาวโรฤทธิ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์เรณู เกรสภาราญ กรรมการที่ปรึกษา และอาจารย์อรอินท์ แก้วลาย กรรมการแต่งตั้ง ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง ไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์สากร ตรีนันท์วัน ที่กรุณาช่วยเหลือในการตัด Section ด้วย Table microtome

ขอขอบคุณ คุณสุภาภรณ์ ปิยะกิริกุล คุณอารีรัตน์ โรจน์เพ็ญเพียร คุณวไลพรณ ตีรกาญจนกุล คุณธัญญา ตันติปัญจพร คุณชัยวัฒน์ น้าชม ที่ให้ความช่วยเหลือในระหว่าง การวิจัย

ขอขอบคุณ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ใช้สถานที่ และอุปกรณ์ ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยขอโน้มรำลึกถึงพระคุณบิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุนการศึกษาตลอดมา ขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ที่มีส่วนช่วยเหลือให้ปริญญานิพนธ์สำเร็จลงได้ด้วยดี

นนุช มิตรระพันธ์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ความมุ่งหมายในการศึกษา	3
ความสำคัญของการศึกษา	4
ขอบเขตของการศึกษา	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา	5
3 วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	10
อุปกรณ์ประเภทเครื่องมือ	10
อุปกรณ์ประเภทวัสดุ และเครื่องมือ	10
อุปกรณ์ประเภทสารเคมี	11
วิธีดำเนินการศึกษา	11
การเลือกส่วนของพืช	12
การเตรียมเป็นสไลด์ถาวร	14
การศึกษากายวิภาค	15
4 ผลการศึกษาค้นคว้า	16
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	94
จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	94
ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	94
วิธีการศึกษาค้นคว้า	94
สรุปผลการศึกษาค้นคว้า	94

บทที่	หน้า
อภิปรายผล	104
ข้อเสนอแนะ	119
บรรณานุกรม	120
ภาคผนวก	124

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กิ่งเสลดพังพอน แสดง ใบ ถาข้าง และหนามที่ชอกใบ	46
2 กิ่งเสลดพังพอน แสดง ช่อดอก หนาม ผล และเมล็ด	47
3 กิ่งเสลดพังพอน แสดง ใบคู่ที่ 1, 2, 3 ตากิ่ง และหนาม	48
4 แผ่นใบ แสดงการตัดเป็นแผ่นย่อย	49
5 ราก ระยะต่าง ๆ แสดง การตัดเป็นท่อน	49
6 ตาหนามและตาทิ้งจากชอกใบคู่ที่ 5 แสดง หนาม และใบอ่อนของ ตาทิ้ง	50
7 ปลายยอด ตัดผ่านกลางตามยาว	
A แสดง เนื้อเยื่อเจริญปลายยอด ฐานใบแรกเกิด ใบคู่ที่ 1 และ ใบคู่ที่ 3	
B แสดง ปุ่มใบ และใบคู่ที่ 2	51
8 ปลายยอด ตัดผ่านกลางตามยาว ผ่านเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด แสดง การแบ่งเซลล์บริเวณทูนิกา และคอร์ฟัส	52
9 ปลายยอดตัดผ่านกลางตามยาว ผ่านเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด	
A แสดง ทูนิกาแบ่งตัวเพื่อสร้างใบ	
B แสดง ฐานใบแรกเกิด	53
10 ปลายยอดตัดผ่านกลางตามยาว ผ่านปุ่มใบ	
A แสดง ปุ่มใบที่เซลล์มีการแบ่งตัวเพื่อเพิ่มความหนาและความสูง	
B แสดง ปุ่มใบที่สูงขึ้น	54

11	ปลายยอดตัดผ่านกลางตามยาวผ่านบริเวณข้อที่ 1	
	A แสดง ฐานใบแรกเกิด โคนของปมใบ และใบคู่ที่ 1	
	B แสดง ฐานใบแรกเกิด โคนของปมใบ ปุ่มตากิ่ง และเนื้อเยื่อเจริญของลำต้นและใบ	
	C แสดง การแบ่งเซลล์ที่เนื้อเยื่อที่บริเวณนอกและบริเวณในของบริเวณข้อที่ 1	55
12	ปลายยอดตัดผ่านกลางตามยาว ผ่านบริเวณปล้องที่ 1 แสดง เนื้อเยื่อเจริญ 3 บริเวณ	56
13	ปลายยอดตัดผ่านกลางตามยาว ผ่านบริเวณข้อที่ 2	
	A แสดง ปมใบ ใบคู่ที่ 2 ที่มีตากิ่ง และปุ่มตาหนาม	
	B แสดง เนื้อเยื่อชั้นต่าง ๆ ของใบคู่ที่ 2	57
14	ปลายยอดตัดผ่านกลางตามยาว ผ่านบริเวณข้อที่ 2	
	A แสดง เนื้อเยื่อ 3 บริเวณ	
	B แสดง เนื้อเยื่อชั้นสเกลในในระยะเริ่มแรก	58
15	ปลายยอดตัดผ่านกลางตามยาว ผ่านบริเวณข้อที่ 3	
	A แสดง ตากิ่ง และตาหนาม และเนื้อเยื่อลำเลียงที่มาเลี้ยงตาที่ข้อถัดไป	
	B แสดง เนื้อเยื่อชั้นต่าง ๆ ของลำต้นในการเจริญเติบโตระยะแรกที่สมบูรณ์	59
16	ปลายยอดตัดตามขวาง ผ่านเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด	
	A แสดง Promeristem	
	B แสดง เนื้อเยื่อเจริญ 3 บริเวณ ที่บริเวณข้อของปมใบ	60

- 17 ลำต้นปล้องที่ 1 ตัดตามขวาง
- A แสดง เนื้อเยื่อเจริญ 3 บริเวณ
- B แสดง เนื้อเยื่อเจริญระยะที่เริ่มมี Protoxylem 61
- 18 ลำต้นปล้องที่ 2 ตัดตามขวาง แสดง บริเวณต่าง ๆ
- A แสดง เซลล์ในชั้นผิวนอก
- B แสดง ชั้นผิวนอก ชั้นคอร์เทกซ์ และชั้นสตีล 62
- 19 ลำต้นปล้องที่ 3 ตัดตามขวาง
- A แสดง เซลล์ผิว เซลล์เก็บผลึก และคอลเลงกิม่าที่ผนังหนาตามมุม
- B แสดง ปากใบ เซลล์คุม และคอลเลงกิม่าที่ผนังหนาตามมุม ... 63
- 20 ลำต้นปล้องที่ 3 ตัดตามขวาง
- A แสดง ผลึกรูปเข็ม
- B แสดง เนื้อเยื่อลำเลียง 64
- 21 ลำต้นปล้องที่ 4 ตัดตามขวาง
- A แสดง เซลล์ในชั้นผิวนอก และคอลเลงกิม่า
- B แสดง แนวแคมเบียม และเนื้อเยื่อลำเลียง 65
- 22 ลำต้นปล้องที่ 5 ตัดตามขวาง
- A แสดง เซลล์ 4 แถว ในชั้นผิวนอก และคอลเลงกิม่าที่ผนังหนาตามมุม
- B แสดง เอนโดเดอร์มิส และบริเวณเนื้อเยื่อลำเลียงที่เริ่มมี Included phloem 66
- 23 ลำต้นปล้องที่ 6 ตัดตามขวาง
- A แสดง ชั้นผิวนอก ชั้นคอร์เทกซ์ และชั้นสตีล
- B แสดง เอนโดเดอร์มิส
- C แสดง เนื้อเยื่อลำเลียงที่เกิดมากขึ้น 67

24 ลำดับข้อที่ 7 ตัดตามขวาง	
A แสดง เซลล์ในเนื้อเยื่อไซเลม และโฟลเอ็ม	
B แสดง ไฟเบอร์	68
25 ลำดับข้อที่ 8 ตัดตามขวาง	
A แสดง ชั้นผิวนอก และชั้นคอร์เทกซ์	
B แสดง ไฟเบอร์ที่ชั้นคอร์เทกซ์	
C แสดง สเกลอริคที่ชั้นคอร์เทกซ์ และ เอนโดเดอร์มิส	69
26 ลำดับข้อที่ 8 ตัดตามขวาง แสดงไฟเบอร์	
และทิส	70
27 ลำดับข้อที่ 9 ตัดตามขวาง แสดงชั้นคอร์เทกซ์ และชั้นสคัล	71
28 ปลายยอดตัดตามขวาง ผ่านส่วนปลายของปมใบ แสดงสังเขป	
รูปกลม และเนื้อเยื่อบริเวณต่าง ๆ	72
29 ปลายยอดตัดตามขวาง ผ่านส่วนโคนของปมใบ แสดงสังเขป	
รูปครึ่งวงกลม และเนื้อเยื่อบริเวณต่าง ๆ	72
30 ปลายยอดตัดตามขวาง ผ่านปมใบระยะสร้างแผ่นใบ แสดง	
Marginal meristem และเนื้อเยื่อบริเวณต่าง ๆ	73
31 ปลายยอดตัดตามขวาง ผ่านปมใบ แสดงแผ่นใบอ่อนระยะที่มี	
เซลล์ 5 แถว	74
32 ปลายยอดตัดตามขวาง ผ่านปมใบระยะที่มีแผ่นใบอ่อน แสดงเนื้อเยื่อ	
ที่แกนกลาง	74
33 ปลายยอดตัดตามขวาง ผ่านใบอ่อน แสดงเนื้อเยื่อแผ่นใบระยะที่	
เริ่มมี Procambium	75
34 ปลายยอดตัดตามขวาง ผ่านใบอ่อน แสดงเนื้อเยื่อแผ่นใบระยะ	
ที่เริ่มสร้างขน	75

35	ชนชนิดที่ส่วนปลายมีก้อม แสดงส่วนฐาน ก้าน และหัว ระยะที่มี 2 เซลล์	76
36	ชนชนิดที่ส่วนปลายมีก้อม แสดงส่วนฐาน ก้าน และหัว ระยะที่มี 8 เซลล์	76
37	ส่วนหัวของชน แสดงการเรียงตัวของเซลล์ 8 เซลล์	76
38	ใบอ่อนกัดตามขวาง ผ่านแผ่นใบและเส้นกลางใบ แสดงเนื้อเยื่อ ลำเลียงที่เริ่มเกิด	77
39	ใบอ่อนตัดตามขวาง ผ่านแผ่นใบและเส้นกลางใบ แสดงเนื้อเยื่อ ลำเลียง และ Accessory bundle	77
40	แผ่นใบอ่อนของใบคู่ที่ 3 ตัดตามขวาง แสดงเนื้อเยื่อชั้นต่าง ๆ	78
41	แผ่นใบระยะที่เจริญเต็มที่ของใบคู่ที่ 5 ตัดตามขวาง แสดงเนื้อเยื่อ ชั้นต่าง ๆ	79
42	ชั้นผิวล่างของใบจากการลอก แสดงเซลล์ต่าง ๆ ที่ชั้นผิวล่าง	80
43	แผ่นใบตัดตามขวาง ผ่านชั้นผิวล่าง แสดงเซลล์ต่าง ๆ โดยรอบ ปากใบ	80
44	ใบที่เจริญเต็มที่ตัดตามขวาง ผ่านแผ่นใบและเส้นกลางใบ แสดง เนื้อเยื่อแผ่นใบ และเนื้อเยื่อเส้นกลางใบ	81
45	ใบที่เจริญเต็มที่ตัดตามขวาง ผ่านเส้นกลางใบ แสดงเนื้อเยื่อลำเลียง	81
46	ปลายรากตัดผ่านกลางตามยาว แสดงเนื้อเยื่อเจริญ 3 บริเวณ และ ทวนกราก	82
47	ปลายรากตัดผ่านกลางตามยาว แสดงเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย และ เนื้อเยื่อเจริญ 3 บริเวณ	82

48	ปลายรากตัดตามขวาง	
	A แสดงเนื้อเยื่อเจริญ 3 บริเวณ และเซลล์ของหมวกราก	
	B แสดงเนื้อเยื่อเจริญ 3 บริเวณ	83
49	รากที่มีการเจริญเติบโตระยะแรก ตัดตามขวาง	
	A แสดง ส่วนประกอบ เป็นชั้นต่าง ๆ	
	B แสดง ชั้นสกีล และ เฮนโดเดอร์มิส	84
50	รากที่มีการเจริญเติบโตระยะที่สอง ตัดตามขวาง แสดง	
	Vascular cambium และ เนื้อเยื่อลำเลียง	85
51	รากที่มีการเจริญเติบโตระยะที่สอง ตัดตามขวาง แสดงเนื้อเยื่อ	
	ลำเลียง	85
52	รากที่มีการเจริญเติบโตระยะที่สอง ตัดตามขวาง	
	A แสดง cork cambium ที่เพิ่งเกิด	
	B แสดง เพริเดอร์ม	86
53	ปลายยอดตัดตามยาว ผ่านข้อกบิภู่ที่ 2 แสดงเนื้อเยื่อเจริญ	
	ส่วนปลายของปมตากิ่งและปมตาหนาม	87
54	ตาหนามตัดตามยาว แสดงเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด ปมหนาม	
	และเนื้อเยื่อลำเลียง	88
55	ตาหนามตัดตามยาว แสดงปมหนาม หนามคู่ที่ 1 ปุ่มใบ และโคนใบ	
	คู่ที่ 1	88
56	ลำต้นข้อที่ 4 ตัดตามยาว แสดงตาหนาม ตากิ่ง และใบคู่ที่ 4	89
57	ปมหนามตัดตามขวาง แสดงเนื้อเยื่อเจริญ 3 บริเวณ	90
58	ปมหนามตัดตามขวาง แสดง Marginal meristem และเนื้อเยื่อ	
	เจริญ 3 บริเวณ	90

59	หนามตัดตามขวาง แสดงการแบ่งตัวของ Marginal meristem...	91
60	หนามตัดตามขวาง แสดง Protoxylem ที่เกิดตรงแกนกลาง	91
61	หนามตัดตามขวาง แสดงเนื้อเยื่อชั้นที่ ๗ ๖ ๗	92
62	หนามตัดตามขวาง แสดงเนื้อเยื่อชั้นต่าง ๆ โดยเฉพาะเนื้อเยื่อ ลำเลียง	92
63	หนามที่เจริญเต็มที่ จากลำต้นข้อที่ 9 ตัดตามขวาง แสดงเนื้อเยื่อ ชั้นต่าง ๆ	93

บทนำ

ในประเทศไทยมีพืชที่เรียกกันว่าเสลดพังพอนอยู่ 2 ชนิด คือ Barleria lupulina Lndl. ซึ่งบางท้องถิ่น เรียกว่า เสลดพังพอนตัวผู้ (บุษบรณ ณ สงขลา 2525 : 10) หรือช่องระอา หรือช่องระอา (ชัยโย ชัยชาญพิทยุทธ 2523 : 137) จันทกลางเรียกว่าเช็กเกเกี่ยม จันต๊ะจั่วเรียกว่า อวยเอี้ยแกโต้งเกียง (ชัยโย ชัยชาญพิทยุทธ 2523 : 137) และ Climacanthus nutans Lindau. ซึ่งบางท้องถิ่นเรียกว่า เสลดพังพอนตัวเมีย (บุษบรณ ณ สงขลา 2525 : 17) หรือ พญาปล้องทอง หรือพญาปล้องคำ (เต็ม สมิตินันท์ 2523 : 88) หรือคงคาเย็น (พยอม ตันติวัฒน์ 2521 : 34) พืชทั้งสองชนิดนี้อยู่ในวงศ์ Acanthaceae

ในการศึกษากายวิภาคครั้งนี้ ผู้วิจัยจะศึกษาเฉพาะใน Barleria lupulina Lndl. และจะขอเรียกชื่อไทยว่า เสลดพังพอน (ภาพประกอบ 1)

ลักษณะทั่วไปเป็นไม้พุ่มสูงประมาณ 1 - 2 เมตร แตกกิ่งก้านสาขามาก ทำให้มีพุ่มสวยงาม ลำต้นมีสีน้ำตาลปนเขียว ใบสีเขียวออกตรงข้ามเป็นคู่ แต่ละคู่ทำมุมจากกัน (Opposite-decussate) ไม่มีหูใบ รูปร่างของใบคล้ายใบหอก (Lanceolate) ยาวประมาณ 10 - 13 เซนติเมตร ขอบใบเรียบ ผิวใบเรียบเป็นมัน เส้นกลางใบและเส้นใบด้านบนมีสีแดงอมชมพู แต่ด้านล่างมีสีเขียวอ่อน ก้านใบมีสีน้ำตาลปนเขียวเช่นเดียวกับลำต้น ก้านใบยาวประมาณ 1 เซนติเมตร ทุกข้อใบมีตาข้างและมีหนามแหลม 2 - 4 อัน อยู่บริเวณข้อใบเหนือโคนใบซึ่งจะเริ่มเห็นด้วยตาที่ข้อใบคู่ที่ 3 ถ้าเริ่มนับจากใบที่เห็นด้วยตาเป็นใบคู่ที่ 1 ลักษณะของหนามบริเวณข้อของใบที่อ่อนกับใบที่เจริญเต็มที่แล้วหรือใบล่าง ๆ จะมีลักษณะแตกต่างกันดังนี้คือ หนามที่ข้อของใบที่อ่อนเช่นใบคู่ที่ 3 จะเห็นด้วยตาเปล่าเพียงคู่เดียวและหนามจะชี้ขึ้นทำมุม 45 องศากับแกนของลำต้น ส่วนหนามที่ข้อของใบที่เจริญเต็มที่แล้วเห็นด้วยตาเปล่า 1 - 2 คู่ ถ้ามี 1 คู่ จะทำมุม 135 องศากับแกนของลำต้น ถ้ามี 2 คู่ คู่แรกหรือคู่ที่ต่ำกว่าจะมีขนาดยาวเท่า ๆ กัน คือประมาณ 0.8 - 2.5 เซนติเมตร หนามคู่นี้จะชี้ทำมุม 135 องศากับแกนของลำต้น หนามคู่ที่สองจะสั้นกว่าคู่แรก

และอาจยาวไม่เท่ากัน เกิดขึ้นในแนวตั้งฉากกับคู่ที่ยาวกว่า คือซี่ขึ้นทำมุม 45 องศากับแกนของลำต้น (ภาพประกอบ 2B) นอกจากนี้หนามที่ชอกใบแล้วยังตรวจพบว่ามีตาข้างหรือตากิ่ง ซึ่งจะเจริญไปเป็นกิ่งได้ดีทุก ๆ ชอกใบ ดอกเป็นช่อแบบ Raceme (ภาพประกอบ 2A) ช่อดอกยาวประมาณ 8 เซนติเมตร เมื่อดอกยังอ่อนมีกาบ (Bract) รูปกลมรีหุ้มแต่ละดอกไว้มิดชิด เมื่อดอกบานจะโผล่เลยกาบออกมาครึ่งหนึ่ง กาบมีสีเขียวตรงโคนแต่ตอนปลายจะมีสีน้ำตาลอมแดง กลีบรองดอกเป็นสีเขียวมี 5 กลีบ กลีบบน 4 กลีบมีขนาดใหญ่และกลีบล่าง 1 กลีบมีขนาดเล็กกว่า กลีบดอกมีสีเหลือง เกสรตัวผู้มี 4 อัน มีขนาดสั้น 2 อันและยาว 2 อัน เกสรตัวผู้ที่ยาวจะโผล่พ้นกลีบดอก คู่สั้นจะมองไม่เห็นจากภายนอก เกสรตัวเมียมีก้านชูยาว ชูยอดเกสรตัวเมียให้สูงอยู่ในระดับเดียวกันกับอับเรณูของเกสรตัวผู้ที่ยาว รังไข่มี 2 ห้อง แต่ละห้องมี ovule ติดตรงแกนกลาง จึงจัดเป็นการติดแบบ Axile placentation ผลเป็นฝัก ฝักอ่อนมีสีเขียว ฝักแก่มีสีน้ำตาล เป็นผลแห้ง รูปร่างของฝักยาวรี โคนฝักกว้างและมน ปลายฝักเรียวแหลม ความยาวทั้งฝักประมาณ 0.8 - 1.2 เซนติเมตร (ภาพประกอบ 2B)

เสลดพังพอนเป็นพืชสมุนไพรที่มีสรรพคุณในการรักษาผู้ป่วยที่ถูกงูพิษกัด เป็นที่รู้จักกันมานานในทั่วทุกภาคของประเทศไทย วิธีใช้เป็นสมุนไพรจะใช้ใบเสลดพังพอนที่ไม่อ่อนหรือแก่เกินไปประมาณ 1 กำมือ (25 - 30 ใบ) ให้ผู้ป่วยเคี้ยวคั้นน้ำขบและนำเอากากของใบมาพอกปากแผลที่ถูกกัด โดยต้องใช้เชือกรัดเหนือปากแผลด้วยเพื่อป้องกันไม่ให้พิษงูเล็ดเข้าสู่หัวใจ เมื่อรักษาด้วยวิธีนี้ คนไข้ที่ถูกงูพิษร้ายแรงกัดอาการจะดีขึ้นภายในเวลา 25 - 45 นาที จากรายงานการใช้ใบเสลดพังพอนรักษาผู้ป่วยที่ถูกงูพิษกัดของแพทย์ตำบลที่ตำบลนาร่วง จังหวัดตรัง ภายในระยะเวลา 32 ปี ผลการรักษาคนไข้ที่ถูกงูพิษกัด 701 ราย มีคนไข้เสียชีวิตเพียง 2 ราย แพทย์ตำบลกระโสม ที่จังหวัดพังงา รักษาคนไข้ที่ถูกงูพิษกัด 7 ราย ผลการรักษาปลอดภัยทุกราย และที่จังหวัดอ่างทอง คนไข้ที่ถูกงูเห่ากัด 2 ราย ได้รับการรักษาปลอดภัยทั้ง 2 ราย (ชลอ อุทกภาณ 2525 : 1 - 34) พาดิ เตชะเสน และชีสวัสดิ์ ทองทาบ ได้ทดลองใช้ใบเสลดพังพอนรักษาหนูขาวที่ได้รับพิษงูเห่า พบว่าพิษงูเห่าที่ทำให้หนูขาวตาย 100 % มีปริมาณ 270 ไมโครกรัมค่อน้ำหนักตัวหนูขาว 1,000 กรัม การ

แก๊สพิษในปริมาณนี้ ใช้น้ำสกัดจากใบเสลดพังพอน 0.2 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัวหนูขาว 100 กรัม ให้หนูขาวกินยาภายใน 15 นาที หลังจากได้รับพิษ และกินข้าวในปริมาณเดียวกันทุก 1 ชั่วโมง อีก 3 ครั้ง สามารถลดอัตราการตายของหนูขาวเนื่องจากพิษงูเห่าจาก 100 % เป็น 63.00 ± 3.34 % (พาสี เตชะเสน และชัชวดี ทองทาบ 2525 : 6 - 15)

นอกจากนี้ยังสามารถใช้ใบเสลดพังพอนตำผสมเหล้า ทาแก๊สพิษแมลงสัตว์กัดต่อย ตลอดจนโรคผิวหนัง โรคเรื้อรัง และงูสวัดได้อีกด้วย (สำราญ ทัศนกุลย์ 2518 : 116 - 127)

การศึกษากายวิภาคโครงสร้างภายในของพืชพบว่ามีความสำคัญต่อการศึกษาคือ เป็นอยู่ของพืช ตลอดจนนำไปใช้ในการช่วยจำแนกชนิดของพืชทั้งพืชที่ขึ้นในธรรมชาติและพืชที่นักผสมพันธุ์ไม่กันพบขึ้นมาใหม่ ๆ เพื่อให้เห็นความแตกต่างของพืชได้ละเอียดขึ้น จากการศึกษาเห็นว่าเอกสารเกี่ยวกับเสลดพังพอน พบว่า ได้มีผู้ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและกายวิภาคของเสลดพังพอนชนิด Climacanthus nutans Lindau. เท่านั้น (ศิริมณี สงรอก 2526) สำหรับเสลดพังพอนชนิด Barleria lupulina Lindl. ยังไม่มีผู้ใดศึกษาลักษณะทางกายวิภาค มีแต่ศึกษาทางสัณฐานวิทยาเท่านั้น ผู้วิจัยจึงเกิดความคิดที่จะศึกษาลักษณะทางกายวิภาคของส่วนต่าง ๆ รวมทั้งส่วนที่เป็นหนามโดยการตรวจสอบจาก section ที่ทำให้เป็นสไลด์ถาวรเพื่อที่จะบันทึกผลและเขียนรายงานการวิจัยในรายละเอียด ส่วนนี้ สำหรับใช้เป็นประโยชน์ในการศึกษากายวิภาคของพืชต่อไป

ความมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อศึกษากายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตของส่วนปลายยอด ลำต้น ใบ ราก และหนาม
2. เพื่อศึกษาลักษณะของการเกิดหนามและการตีความของส่วนที่เป็นหนาม

ความสำคัญของการศึกษา

1. ทำให้ทราบลักษณะทางกายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตของส่วนต่าง ๆ ของเสลดพังพอน
2. ทำให้ทราบลักษณะของการเกิดหนาม และการตีความของส่วนที่เป็นหนาม

ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษากายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโต เฉพาะส่วนปลายยอด ลำต้น ใบ ราก และหนาม ของเสลดพังพอนชนิด Barleria lupulina Lindl. เท่านั้น

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อเยื่อเจริญปลายยอด

รูปร่างของเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด ที่ตัดผ่านกลางตามยาวของพืชมีดอกจำพวก
ใบเลี้ยงคู่ มีรูปร่างต่าง ๆ กัน เช่น มีรูปร่างแบนหรือหนูนเล็กน้อย ได้แก่ เนียม
Strobilanthes niveus Craib. (เพ็ญแสง ปุณณะ 2510 : 72) มีรูปร่างหนูน
เป็นรูปโถมสูงปลายเรียว กลมคล้ายของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ได้แก่ Myriophyllum
heterophyllum (England and Tolbert. 1964 : 121 - 124) และ
Hibiscus spriacus (Tolbert. 1960 : 249 - 255) ในเรื่องการจัดเรียงตัว
ของเซลล์ในเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดของพืชมีดอกจะเป็นแบบ ทุนิกา - คอร์พัส (Tunica -
Corpus) โดยในชั้นทุนิกามีเซลล์เรียงตัวกันอยู่เป็นแถว และมีการแบ่งตัวในแนวตั้งฉาก
กับผิว (Anticlinal Division) จากการแบ่งตัวเช่นนี้จะทำให้จำนวนเซลล์ที่ปกคลุม
เป็นผิวของเนื้อเยื่อเจริญทั้งหมดค่อนข้างคงที่อยู่เสมอ ส่วนเซลล์ชั้นถัดไปคือ คอร์พัสจะมีการ
แบ่งตัวหลายแนว ทั้งแบบขนานกับผิว (Periclinal Division) และแบบเฉียง ๆ
(Oblique Division) ทำให้ได้เซลล์ที่จะแบ่งตัวได้เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากมาย ต่อไป
เซลล์เหล่านี้จะแบ่งตัวในแนวขนานกับผิว และแนวอื่น ๆ และแบ่งตัวได้หลายครั้ง ทำให้ได้
Derivative ของคอร์พัสอยู่ได้เซลล์ที่แบ่งตัวหลายแนวเข้าไปข้างใน (Esau. 1965 :
89 - 116) และจากการที่มีผู้สำรวจจำนวนแถวของเซลล์ในชั้นทุนิกาของพืชใบเลี้ยงคู่
พบว่า มี 1 - 5 แถว แต่ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมี 1 - 3 แถว (Esau. 1953 : 103)
พืชใบเลี้ยงคู่ที่มีทุนิกา 1 แถว เช่น Marcgravia rectifolia (Dobbins, Alden
and Marvel. 1983 : 1263 - 1271) พืชใบเลี้ยงคู่ที่มีทุนิกา 2 แถว เช่น
กระเพราแดง Ocimum sanctum Linn. (พรทิพย์ ธาณิรัตน์ 2526 : 47)
มะเดื่อฝรั่ง Dicus carica Linn. (สุรินทร์ นิลสำราญ 2529 : 53) ยางพารา
Hevea brasiliensis Willd. e.x.a. Juss. (ประภาสตร์ เกื้อมณี 2528 : 27)

นิยม Strobilanthes niveus Craib (เพ็ญแสง ปุตุตะ 2510 : 72) พืชที่มี
 ฐาน 4 แฉก ได้แก่ Viburnum rufidulum (Cross. 1973 : 266 - 275)
 มีพืชใบเลี้ยงคู่บางชนิดที่แถวของเซลล์ในชั้นฐานมีจำนวนไม่แน่นอน เช่น เสดกทั้งพอนชนิด
Climacanthus nutans Lindau. มี 1 - 2 แถว (กิริณี สงรอก 2526 : 18)
 ระวัง Rauwolfia serpentina Benth. มี 3 - 5 แถว (Ma. 1960 : 121 -
 124) เฟื่องฟ้า Bougainvillea spectabilis มี 2 - 3 แถว (Dennis and
 Stevenson. 1978 : 792 - 794) และโกงกางใบใหญ่ Rhizophora macronata
 Lamk. (ภูวกล บุตรรัตน์ 2523 : 70) เซลล์ในชั้นฐานเหล่านี้จะทำให้กำเนิดใบโดย
 กลุ่มเซลล์ต้นกำเนิดที่บริเวณขอบความโค้งของรูปโคมจะมีการแบ่งเซลล์ในแนวตั้งจากและ
 แนวขนานกับผิวหน้า แล้วต่อไปมีการแบ่งแบบหลายแนว ทำให้ได้กลุ่มเซลล์ยื่นออกไปจากผิว
 กลุ่มเซลล์กลุ่มนี้ต่อไปจะเจริญพัฒนาไปจนกระทั่งเป็นใบ (Esau. 1965 : 89 - 116)
 เซลล์ในชั้นคอร์ติส จะให้กำเนิดลำต้น และอาจให้กำเนิดใบร่วมกับชั้นฐาน ถ้าพืชนั้นมีฐาน
 น้อยแล้ว เช่น ระยะเวลา 1 - 2 แถว (Esau. 1953 : 104)

ลำต้น

ลำต้นของพืชในวงศ์ Acanthaceae เมื่อตัดตามขวางมีสังเขปเป็นรูปรี หรือ
 รูปเหลี่ยมมุมมน (Metcalf and Chalk. 1957 : 1014 - 1023) มีผู้ศึกษาเกี่ยวกับ
 โครงสร้างของลำต้น โดยแบ่งโครงสร้างของลำต้นเป็น 2 ระยะคือ ลำต้นที่มีการเจริญ
 ระยะแรก และลำต้นที่มีการเจริญระยะที่สองได้ผลการศึกษาดังนี้

ลักษณะของลำต้นที่มีการเจริญระยะแรก พบว่าชั้นผิวประกอบด้วยเซลล์ที่เป็นขน
 ซึ่งอาจเป็นเซลล์หรือกลุ่มเซลล์ชั้นที่ล้อมสร้างสาร หรือไม่มีล้อมสร้างสาร ขนที่มีล้อมสร้างสาร
 มักเป็นชนิดที่มีหลายเซลล์ ประกอบด้วยส่วนฐาน ส่วนก้าน และส่วนหัวที่ติดกับตะ เป็นคอก สำหรับ
 ขนที่ไม่มีล้อมสร้างสาร ก็ประกอบด้วยหลายเซลล์เรียงต่อกันเป็นแถวเดียว ปลายขนอาจแหลม
 แผงเซลล์บาง (Metcalf and Chalk. 1957 : 1014 - 1023)

ถัดจากชั้นผิวเข้าไปเป็นชั้นคอร์เท็กซ์ ประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด เช่น เซลล์คอลเลงคิมา เซลล์พาเรงคิมา ซึ่งมีการเรียงตัวเป็นแบบเฉพาะในพืชแต่ละชนิดภายในเซลล์ของชั้นนี้จะมีส่วนประกอบพิเศษ คือ มีผลึกของสารแคลเซียมออกซาเลตเป็นผลึกรูปเข็ม (Acicular Crystal) ที่อาจอยู่รวมกันเป็นมัด (Raphides) หรือผลึกของสารแคลเซียมคาร์บอเนต ได้แก่ ชิสโทลิธ (Cystolith) ซึ่งเป็นผลึกที่มีรูปร่างกลม ผิวขรุขระ ถ้าดูตามแนวตัดตามขวาง และถ้าดูตามแนวตัดตามยาว จะมีรูปร่างคล้ายทรงกระบอก ผิวขรุขระเช่นกัน ชั้นในสุดของคอร์เท็กซ์ จะสังเกตเห็นเอนโดเดอร์มิส ประกอบด้วยเซลล์เรียงตัวกัน 1 แถว เซลล์อาจมีขนาดใหญ่กว่าหรือเล็กกว่า หรือมีสีแปลกกว่าเซลล์ข้างเคียง (Metcalf and Chalk. 1957 : 1014 - 1023) แต่พืชจำพวกไม้ดอกมักไม่ค่อยพบเอนโดเดอร์มิสชัดเจนนัก (Esau. 1953 : 363)

ถัดจากชั้นคอร์เท็กซ์เข้าไปเป็นชั้นสตีล ซึ่งประกอบด้วยเนื้อเยื่อลำเลียง เนื้อเยื่อพาเรงคิมา และเนื้อเยื่อที่ให้ความแข็งแรงอื่น ๆ เช่น สเกลอเรนคิมา เนื้อเยื่อลำเลียงในระยะนี้จะมีลักษณะ เป็นกลุ่มหรือเป็นมัดที่มีการเรียงตัววงกลมอย่างเป็นระเบียบ เป็นวงรอบชั้นสตีล มัดท่อลำเลียงประกอบด้วยเนื้อเยื่อที่มีหน้าที่นำอาหาร (Phloem) และเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่นำน้ำ (Xylem) มัดท่อลำเลียงมีขนาดต่าง ๆ กัน พบว่ามัดขนาดใหญ่จะอยู่ตรงตำแหน่งมุมของลำต้น (Metcalf and Chalk. 1957 : 1048 - 1049) เนื้อเยื่อนำอาหารประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด เช่น เซลล์หลอดตะแกรง เซลล์ประคม และเซลล์พาเรงคิมา เป็นต้น เนื้อเยื่อนำน้ำก็ประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด เช่น เซลล์เวสเซล เทรคีด และเซลล์พาเรงคิมา เป็นต้น

ลักษณะของลำต้นที่มีการเจริญระยะที่สอง มีโครงสร้างแตกต่างไปจากระยะแรก ที่มองเห็นได้ชัดเจนคือ ที่ชั้นผิวมีเนื้อเยื่อเพริเดอร์มิกเกิดขึ้นแทนเนื้อเยื่อชั้นผิวเดิม โดยเกิดจากการแบ่งตัวของเซลล์ในชั้นคอร์เท็กซ์ (Metcalf and Chalk. 1957 : 1047) และในชั้นสตีลซึ่งเคยมีมัดท่อลำเลียงเรียงตัวโดยรอบนั้น จะมีการสร้างเนื้อเยื่อลำเลียงใหม่เพิ่มขึ้นโดยการแบ่งตัวของ Vascular cambium ทำให้เกิดกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียงเพิ่มขึ้นและค่อกันโดยรอบ (Esau. 1977 : 295 - 296)

ใบ

ในพืชทั่ว ๆ ไปโครงสร้างภายในของแผ่นใบที่เจริญเต็มที่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อชั้นผิวบน ผิวล่าง และชั้นระหว่างผิวหรือเนื้อเยื่อชั้นกลางใบ ซึ่งเรียกว่า Mesophyll โดยมี รายละเอียดดังต่อไปนี้ ชั้นผิวประกอบด้วยเซลล์เรียงตัวเป็น 1 แถว คล้ายกับชั้นผิวของลำต้น ที่มีการเจริญระยะแรก ประกอบด้วย เซลล์ผิว เซลล์คุม เซลล์ข้างเคียงเซลล์คุม เซลล์หรือ กลุ่มเซลล์ที่เป็นขนทั้งสองแบบ ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์คุม และเซลล์ข้างเคียงเซลล์คุม โดยรอบปากใบของพืชในวงนี้พบว่ามี 2 แบบ คือ แบบการรีโอฟิลเลเจียส

(Caryophyllaceous Type) หรือแบบไดอะไซติก (Diacytic Type) ซึ่งมีเซลล์ ข้างเคียงเซลล์คุม เรียงตัวตั้งฉากกับเซลล์คุม กับแบบรูบิเอเจียส (Rubiaceous Type) หรือแบบพาราไซติก (Paracytic Type) ซึ่งมีเซลล์ข้างเคียงเซลล์คุมเรียงตัวขนานกับ เซลล์คุม แต่พบแบบแรกมากกว่า (Metcalfe and Chalk. 1957 : 1014 - 1023)

ชั้นมีโซฟิลหรือชั้นเนื้อเยื่อกลางใบ ประกอบด้วยเนื้อเยื่อพาเรเนไคมา 2 ชนิด คือ แพลสโมพาริเควต อยู่ด้านใกล้ผิวบน เซลล์มีรูปร่างยาวเรียงตัวโดยเอาความยาวของ เซลล์ตั้งฉากกับชั้นผิว ภายในเซลล์มีคลอโรพลาสต์มากมาย และสไปโรพาริเควต อยู่ด้าน ใกล้ผิวล่าง ประกอบด้วยเซลล์รูปร่างไม่แน่นอน เรียงตัวอย่างหลวม ๆ และไม่เป็นระเบียบ มีประมาณ 4 แถว ภายในเซลล์มีคลอโรพลาสต์มากเช่นกัน มีช่องว่างขนาดใหญ่อยู่ระหว่าง เซลล์ นอกจากนี้ยังพบว่าเนื้อเยื่อลำเลียงอยู่เป็นกลุ่มแทรกอยู่ตามบริเวณนี้ การเรียงตัวของ เนื้อเยื่อลำเลียง จะมีเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำอยู่ทางด้านใกล้ผิวบน เนื้อเยื่อลำเลียงอาหารอยู่ ทางด้านใกล้ผิวล่าง

เนื้อเยื่อเจริญปลายราก

ปลายสุดของรากจะมีหมวกรากซึ่งไม่ใช่เนื้อเยื่อเจริญ หุ้มเนื้อเยื่อเจริญไว้ภายใน ตรงปลายสุดของเนื้อเยื่อเจริญปลายราก จะมีกลุ่มเซลล์ต้นกำเนิด (Apical initials) ซึ่งอาจเรียงตัวกันเป็นแถว หรือจัดตัวกันเป็นกลุ่ม เซลล์เหล่านี้จะมีการแบ่งตัวอยู่ตลอดเวลา ถัดจากกลุ่มเซลล์ต้นกำเนิดขึ้นไป เป็นกลุ่มเซลล์ที่บางครั้งไม่แบ่งตัวหรือแบ่งตัวช้า อยู่กันเป็น

บริเวณเล็ก ๆ เรียกว่า Quiescent Center ขอบเขตของบริเวณเนื้อเยื่อเจริญขึ้นอยู่กับชนิดของพืช หรือขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อม เช่นอาจมีขอบเขตจากปลายขึ้นไปจนถึงประมาณ

1 มิลลิเมตร (Esau. 1961 : 180 - 182)

ราก

รากของพืชบางชนิดในวงศ์นี้ เมื่อตัดตามขวางพบว่ามีสังเขปเป็นรูปกลม เช่น

Asteracantha longifolia, Adhatoda vesica และ Adhatoda beddemei

(Narayana and Kolamall. 1963 : 62 - 64, 91) ถ้าแบ่งโครงสร้างของราก

เป็น 2 ระยะ คือรากที่มีการเจริญระยะแรก และรากที่มีการเจริญระยะที่สอง จะมีรายละเอียดของโครงสร้างดังต่อไปนี้

รากที่มีการเจริญระยะแรก ประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ ดังนี้คือ ชั้นผิว ประกอบด้วย เซลล์ 1 แถว ได้แก่ เซลล์ผิว และเซลล์ขนราก ชั้นคอร์เทกซ์ ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา ซึ่งบางเซลล์มีการสะสมแป้ง และบางเซลล์มีการสะสมผลิตภัณฑ์เซลล์ เซลล์ในที่สุดของคอร์เทกซ์จะมีแถวของเซลล์ที่เรียกว่าเอนโดเดอร์มิส และชั้นสตีลประกอบด้วย เพริไซเคิล ซึ่งหนา 1 แถว หรือมากกว่า และมีเนื้อเยื่อลำเลียง โดยเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำมักจะเกิดเป็นแฉกอยู่ตรงกลาง และมีเนื้อเยื่อลำเลียงอาหารอยู่ระหว่างแฉก

รากที่มีการเจริญระยะที่สอง สังเกตได้ชัดเจนว่า มีการเปลี่ยนแปลงไปจากโครงสร้างในระยะแรกคือ ที่ชั้นผิวจะพบเนื้อเยื่อเพริเดิร์มเกิดขึ้นแทน ชั้นผิวและชั้นคอร์เทกซ์เดิม บางเซลล์ในส่วนของเพริเดิร์มจะมีการสร้างพวงน้ำมัน เช่นใน Asteracantha longifolia (Narayana and Kolamall. 1963 : 62 - 64) ในชั้นสตีลจะเกิดเนื้อเยื่อลำเลียงเพิ่มขึ้นจากเดิม โดยการแบ่งตัวของ Vascular cambium

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

เพื่อความสะดวกในการดำเนินการศึกษาค้นคว้า และการเก็บหลักฐาน จึงให้นำเอาส่วนต่าง ๆ ของพืชที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ปลายยอด ลำต้น ใบ ราก และหนาม ไปทำเป็นสไลด์ถาวร แล้วศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ บันทึกผลการศึกษากด้วยการบรรยาย และถ่ายภาพ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. อุปกรณ์

1.1 อุปกรณ์ประเภทเครื่องมือ เช่น

- 1.1.1 กล้องจุลทรรศน์ ชนิด คอมแพนคท์ และอุปกรณ์การถ่ายภาพ
- 1.1.2 กล้องจุลทรรศน์ ชนิดสเตอริโอ และอุปกรณ์การถ่ายภาพ
- 1.1.3 เครื่องดูดอากาศจากเนื้อเยื่อ
- 1.1.4 เครื่องตัดเนื้อเยื่อแบบใช้มือหมุน (Rotary microtome)
- 1.1.5 เครื่องอุ่นสไลด์
- 1.1.6 ตู้หลอมพาราฟิน

1.2 อุปกรณ์ประเภทวัสดุและเครื่องมือ เช่น

- 1.2.1 Beaker ขนาดต่าง ๆ
- 1.2.2 Coplin jar
- 1.2.3 Petri dish
- 1.2.4 Slide and Coverglass
- 1.2.5 Vial ขนาดต่าง ๆ
- 1.2.6 กระบอกตวง ขนาดต่าง ๆ
- 1.2.7 ขวดหยกชนิดต่าง ๆ เข็ม เขี่ย ปากคีบ
- 1.2.8 ตะเกียงแอลกอฮอล์ และอื่น ๆ

1.3 อุปกรณ์ประเภทสารเคมี เช่น

1.3.1 กลีเซอริน

1.3.2 กรดน้ำส้มเข้มข้น

1.3.3 แคนาดาบาลัม

1.3.4 ไซลีน

1.3.5 โซเดียมไฮดรอกไซด์

1.3.6 น้ำมันการบูร (Clove oil)

1.3.7 นอกรีเจลาคีน

1.3.8 ฟลักฟีนอล

1.3.9 พาราฟิน

1.3.10 ฟอร์มาลิน

1.3.11 เมธิลเซลโลโซล

1.3.12 สีย้อมต่าง ๆ ได้แก่ Hematoxylin, Safranin O,

Fastgreen และ Eosin

1.3.13 แอลกอฮอล์ชนิดต่าง ๆ เช่น บิวทิลแอลกอฮอล์,

เมธิลแอลกอฮอล์ และเอทิลแอลกอฮอล์

1.3.14 อลูมิเนียม แอมโมเนียมซัลเฟต $[AlNH_4(SO_4)_2 \cdot 12H_2O]$

1.4 ส่วนต่าง ๆ ของพืชตัวอย่าง

เลือกพืชตัวอย่าง กือเสลดพังพอน ที่มีลักษณะสมบูรณ์ดี จำนวนประมาณ 20 ต้น มาทำการศึกษา โดยเลือกส่วนปลายยอด ลำต้น ใบ และราก ที่มีการเจริญระยะต่าง ๆ รวมทั้งส่วนที่เบ่งบานระยะอ่อนและระยะแก่ มาทำเป็นสไลด์ถาวร ดังรายละเอียดในข้อถัดไป

2. วิธีดำเนินการศึกษา

ได้เลือกส่วนต่าง ๆ ของพืชไปเตรียมเป็นสไลด์ถาวรเพื่อการศึกษาทางวิภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ มีรายละเอียดวิธีดำเนินการดังนี้

2.1 การเลือกส่วนของพืช

เลือกส่วนต่าง ๆ ของพืชแยกเป็นแต่ละส่วน เพื่อเตรียมเป็นสไลด์ถาวร โดยตัดส่วนเหล่านั้นตามยาวและหรือตามขวาง เพื่อศึกษากายวิภาคของส่วนนั้น ๆ ดังนี้

2.1.1 ปลายยอด

เลือกปลายยอดของลำต้น ระยะที่ใบอ่อนยังไม่คลี่ (ภาพประกอบ 3A,B) ตัดให้เป็นท่อนยาวประมาณ 1 เซนติเมตร จำนวน 50 ยอด ซึ่งจะได้ระยะการเจริญเติบโตตั้งแต่ปลายยอดสุดจนถึงข้อที่ 3 หรือปล้องที่ 3 มาเตรียมเป็นสไลด์ถาวร เพื่อศึกษาเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด การเกิดใบ การเกิดตาข้างและตาหนามที่ข้อกใบ และการศึกษากายวิภาคของลำต้นที่มีการเจริญเติบโตระยะแรก ใบ ตาข้าง และตาหนาม จนถึงช่วงข้อที่ 3 และหรือปล้องที่ 3 โดยการตัดปลายยอดตามยาว หนาประมาณ 10 - 12 ไมครอน และเพื่อศึกษาระยะการเจริญเติบโตระยะแรก ๆ ของลำต้น ใบ และตาหนาม จนถึงช่วงข้อที่ 3 และช่วงต้นของปล้องที่ 3 โดยการตัดตามขวาง หนาประมาณ 10 - 12 ไมครอน

2.1.2 ลำต้น

2.1.2.1 ลำต้นบริเวณข้อที่ 4

ตัดลำต้นบริเวณข้อที่ 4 นับจากปลายยอด ซึ่งเป็นระยะถัดจากข้อ 2.1.1 โดยตัดตำแหน่งเหนือข้อและใต้ข้อ ให้เป็นท่อน ยาวประมาณท่อนละ 0.8 เซนติเมตร จำนวน 50 ท่อน เพื่อศึกษาการเกิดตาหนาม และการเกิดตาข้างที่ข้อกใบ โดยการตัดลำต้นตามยาว หนาประมาณ 10 - 12 ไมครอน และเพื่อศึกษากายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ ของลำต้นช่วงโคนของปล้องที่ 3 ลำต้นช่วงข้อที่ 4 และช่วงต้นของปล้องที่ 4 และโครงสร้างของตาหนาม โดยการตัดลำต้นตามขวางหนาประมาณ 12 - 15 ไมครอน

2.1.2.2 ลำต้นบริเวณข้อที่ 5

ตัดลำต้นบริเวณข้อที่ 5 นับจากปลายยอด โดยตัดตำแหน่งเหนือข้อและใต้ข้อให้เป็นท่อนยาวประมาณ 0.8 เซนติเมตร จำนวน 50 ท่อน เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของตาหนามและของตาข้างที่ข้อกใบ โดยการตัดลำต้นตามยาว หนาประมาณ 10 - 12 ไมครอน และเพื่อศึกษากายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตของลำต้นบริเวณข้อของโคนปล้องที่ 4

ลำต้นช่วงข้อที่ 5 และช่วงต้นของปล้องที่ 5 และโครงสร้างของหนาม โดยการตัดลำต้นตาม ขว้างหนาประมาณ 12 - 15 ไมครอน

2.1.2.3 ลำต้นบริเวณปล้องที่ 5, 6, 7, 8 และ 9

ตัดลำต้นบริเวณปล้องที่ 5, 6, 7, 8 และ 9 นับจากปลายยอด ให้เป็นท่อน ปล้องละ 2 ท่อน ให้ได้จำนวน 30 ท่อน โดยให้แต่ละท่อนของปล้องที่ 5 ยาว 0.8 เซนติเมตร ส่วนของปล้องอื่น ๆ ยาว 0.5 เซนติเมตร เพื่อศึกษากายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโต ของลำต้นที่มีการเจริญระยะถัด ๆ ไป โดยการตัดลำต้นเหล่านั้นตามขวาง หนาประมาณ 12 - 20 ไมครอน

2.1.3 ใบ

นำใบคู่ที่ 3 และ 5 ซึ่งเกิดตรงลำต้นข้อที่ 3 และ 5 ตามลำดับ มาตัดขวางบริเวณ กลาง ๆ ใบ ให้เป็นแผ่นย่อย (ภาพประกอบ 4) แต่ละแผ่นย่อยกว้างและยาวประมาณ 0.5 และ 1 เซนติเมตร ตามลำดับ ตัดใบละ 1 แผ่น ให้ได้ระยะละ 20 แผ่น เพื่อศึกษา กายวิภาคของแผ่นใบคู่ที่ 3 ระยะที่เพิ่งเจริญเต็มที่ และคู่ที่ 5 ที่เจริญเต็มที่แล้ว โดยการ ถัดตามขวาง หนาประมาณ 15 ไมครอน

2.1.4 ราก

2.1.4.1 ปลายราก

ตัดปลายรากที่เจริญดีและมีลักษณะตรงไม่คดงอจากต้นที่เพาะด้วยเมล็ด ให้เป็นท่อน ยาวประมาณท่อนละ 0.8 เซนติเมตร (ภาพประกอบ 5) ตัดให้ได้จำนวน 30 ท่อน เพื่อ ศึกษาเนื้อเยื่อเจริญปลายราก โดยการตัดตามยาว หนาประมาณ 10 - 12 ไมครอน และ เพื่อศึกษากายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตของราก โดยการตัดตามขวาง หนาประมาณ 12 - 15 ไมครอน

2.1.4.2 รากบริเวณหลักปลายราก

ตัดปลายรากระยะถัดขึ้นไปจากข้อ 2.1.4.1 เป็น 3 ระยะทั่วเนื้อกัน ระยะละท่อน ยาวประมาณท่อนละ 0.8 เซนติเมตร (ภาพประกอบ 5) แต่ละระยะตัดให้ได้จำนวน 30 ท่อน เพื่อศึกษากายวิภาคและขั้นตอนการเจริญของราก ระยะถัดจากปลายรากโดยการ ถัดตามขวาง หนาประมาณ 12 - 15 ไมครอน

2.1.4.3 รากบริเวณกลาง ๆ ของเส้นราก และบริเวณ

ใกล้โคนราก

ตัดรากบริเวณกลาง ๆ ของเส้นรากและบริเวณใกล้โคนรากหรือรากแก่ เลือกเฉพาะที่มีขนาดไม่ใหญ่เกินไปคือ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 0.5 เซนติเมตร ให้เป็นท่อน เช่นเดียวกับข้อ 2.1.4.2 จำนวน 30 ท่อน (ภาพประกอบ 5) เพื่อศึกษากายวิภาคของรากที่มีการเจริญเติบโตระยะที่ลดลง โดยการตัดตามขวาง หนาประมาณ 15 - 20 ไมครอน

2.1.5 หนาม

2.1.5.1 หนามข้อที่ 5, 6 และ 7

แกะตาหนามและตาทิ้งที่ขอกใบ จากข้อที่ 5, 6 และ 7 ซึ่งเป็นระยะที่หนามเจริญมากขึ้น พอที่จะสังเกตเห็นได้ช่วยกา แกะโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ สเตอริโอ (ภาพประกอบ 6) ให้ได้จำนวน 20 ชุด เพื่อศึกษาการเกิดตาหนาม และลักษณะของหนาม เปรียบเทียบกับตาทิ้งที่ขอกใบ โดยการตัดตามยาว หนาประมาณ 10 - 12 ไมครอน และศึกษากายวิภาคของหนามโดยการตัดตามขวาง หนาประมาณ 10 - 12 ไมครอน

2.1.5.2 หนามข้อที่ 8 หรือข้อที่มีหนามแข็ง ๆ

ตัดหนามจากข้อที่ 8 หรือหนามแข็ง ๆ บริเวณกลาง ๆ หนามให้เป็นท่อนยาว ท่อนละ 0.5 เซนติเมตร ตัดให้ได้จำนวน 10 ท่อน เพื่อศึกษากายวิภาค ของหนามระยะที่เจริญเต็มที่ โดยการตัดตามขวาง หนาประมาณ 15 - 20 ไมครอน

2.2 การเตรียมเป็นสไลด์ถาวร

นำส่วนของพืชที่เลือกไว้ข้างต้นมาเตรียมเป็นสไลด์ถาวร โดยฝังในพาราฟินตามวิธีของ Johansen (1940) และดัดแปลงวิธีการบางขั้นตอนดังนี้ แฉส่วนของพืชที่เตรียมไว้ในน้ำยา Fixative ชนิด FAA (จากผนวก 1) นานอย่างน้อย 48 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องมือช่วยดูดอากาศออกจากชิ้นเนื้อเยื่อด้วย หลังจากแช่ชิ้นเนื้อเยื่อนานตามกำหนดเวลาแล้ว นำมาดูดน้ำ (Dehydration) ออกจากส่วนของพืช ด้วยการแช่ในน้ำยาดูดน้ำ (Dehydrant) ที่ประกอบด้วยส่วนผสมของเอทิลแอลกอฮอล์ และบิวทิลแอลกอฮอล์ (ภาคผนวก 2) ที่มีอัตราส่วนผสมและความเข้มข้นต่าง ๆ กัน โดยแช่ส่วนของพืชในแต่ละ

ความเข้มข้น นาน 2 ชั่วโมง แล้วนำมาฝังในพาราฟิน จากนั้นก็ตัดเป็นแผ่นบางด้วยเครื่องมือตัดเนื้อเยื่อแบบใช้มือหมุน โดยตัดเป็นแผ่นหนาบางไม่เท่ากันแล้วแต่ลักษณะของเนื้อเยื่อและวัตถุประสงค์ของการศึกษาตามที่กล่าวไว้แล้วในข้อ 2.1 นำเนื้อเยื่อที่ตัดเป็นแผ่นบางมาติดบนสไลด์โดยใช้น้ำยาคิดติลด์ของ ฮอปฟ์ (Haupt's Adhesive) ซึ่งเตรียมตามวิธีในภาคผนวก 3 จากนั้นนำมาย้อมสีตามขั้นตอน การย้อมสีก็ต่างกันไปตามแต่ชนิดของเนื้อเยื่อ เช่น ปลายยอด ปลายราก ที่ตัดตามยาวย้อมด้วยสี Hematoxylin (ภาคผนวก 4, 5) ปลายยอดที่ตัดตามขวาง ลำต้น ใบ รากบริเวณถัดปลายราก และหนามย้อมด้วยสี Safranin'O และ Fast green (ภาคผนวก 6, 7) หลังจากย้อมสีแล้วพริกสไลด์ด้วยแคนาดาบลงซึม

2.3 การศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์

นำสไลด์ถาวรที่ได้มาศึกษาโครงสร้างของส่วนต่าง ๆ ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบคอมพาวนด์ที่มีกำลังขยายต่าง ๆ บันทึกลักษณะโครงสร้างด้วยการบรรยายและถ่ายภาพประกอบ

ผลการศึกษาค้นคว้า

๖

1. การศึกษากายวิภาคปลายยอด

1.1 การศึกษากายวิภาคปลายยอดที่ตัดผ่านกลางตามยาว จากสไลด์ตัวอย่างแบบเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด (Apical meristem) บริเวณข้อที่ 1 ซึ่งมีใบคู่ที่ 1 ข้อที่ 2 ซึ่งมีใบคู่ที่ 2 และข้อที่ 3 ซึ่งมีใบคู่ที่ 3 ตามลำดับ เนื่องจากพืชตัวอย่างมีการเรียงตัวของใบแบบ Opposite decussate ดังนั้นถ้าตัดปลายยอดตามยาว ผ่านฐานใบแรกเกิด (Leaf buttress) จะผ่าตามเฉพาะใบคู่ที่ 1 และคู่ที่ 3 เท่านั้น (ภาพประกอบ 7A) ถ้าตัดผ่านปุ่มใบ (Leaf primordium) จะเห็นเฉพาะใบคู่ที่ 2 (ภาพประกอบ 7B) รายละเอียดของผลการศึกษามีดังนี้

1.1.1 เนื้อเยื่อเจริญปลายยอด

เนื้อเยื่อเจริญปลายยอด เป็นบริเวณที่อยู่เหนือปุ่มใบบนสุด มีรูปร่างแบนรูปโดม (ภาพประกอบ 8) วัดความกว้างโดยวัดจากขอบความโค้งด้านหนึ่งเป็นแนวตรงไปยังขอบความโค้งอีกด้านหนึ่ง เฉลี่ยจาก 10 ยอด ได้ 194 ไมครอน และวัดความสูง โดยวัดจากแนวตั้งฉากจากฐานไปยังยอดความโค้งสูงสุด เฉลี่ยจาก 10 ยอด ได้ 66 ไมครอน เนื้อเยื่อเจริญเริ่มต้นที่ส่วนปลาย (Apical initials) แบ่งเป็น 2 บริเวณคือ

ทูนิกา (Tunica) ประกอบด้วยเซลล์ 2 แถว (ภาพประกอบ 8) นับจำนวนเซลล์ในแต่ละแถวได้ประมาณ 18 - 20 เซลล์ รูปร่างเซลล์ค่อนข้างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีด้านยาวอยู่ในแนวตั้ง หรือแนวที่ขนานกับแกนของยอด และด้านกว้างอยู่ในแนวนอน หรือแนวตั้งฉากกับแกนของยอด หรือแนวขนานกับผิวของความโค้งรูปโดม วัดขนาดเซลล์เฉลี่ยจาก 10 ยอด ยอดละ 10 เซลล์ โดยวัดจากความยาวของผนังเซลล์ด้านยาว และความยาวของผนังเซลล์ด้านกว้าง ได้ค่าเฉลี่ย 8.01 และ 6.7 ไมครอน ตามลำดับ ลักษณะของเซลล์มีนิวเคลียสใหญ่ และมีไซโทพลาซึมเข้มข้น เห็นได้จากการติดสีย้อมเข้มกว่าเซลล์บริเวณอื่น เซลล์เรียงตัวกันโดยไม่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ ซึ่งเป็นลักษณะการเรียงตัวของ

เซลล์ในเนื้อเยื่อเจริญตัว ๆ ไป พบเซลล์ของชั้นทิวิกา มีการแบ่งตัวในแนวตั้งฉากกับผิว (ภาพประกอบ ๘) ซึ่งจะทำให้ความกว้างของเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด หรือ เส้นผ่านศูนย์กลางของความโค้งมีขนาดคงที่อยู่เสมอ

บริเวณต่อมาคือ คอร์ปัส (Corpus) เป็นบริเวณที่อยู่ใต้ทิวิกา ประกอบด้วยเซลล์ที่ยังมีลักษณะเป็นเซลล์ที่แบ่งตัวได้ก็ ลักษณะของเซลล์ มีรูปร่างหลายเหลี่ยมเกือบกลม มีขนาดของเซลล์ใกล้เคียงกัน วัดค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางของเซลล์จากผิวด้านหนึ่งไปยังด้านตรงข้าม เฉลี่ยจาก 10 ยอด ยอดละ 10 เซลล์ ได้ค่าประมาณ 8.6 ไมครอน เซลล์บริเวณนี้มีการเรียงตัวไม่ค่อยเป็นระเบียบนัก (ภาพประกอบ 8) เนื่องจากเซลล์แบ่งตัวทั้งในแนวขนานกับผิวและแนวเฉียง นับแถวของเซลล์ได้ 3 - 5 แถว และนับเซลล์ที่เรียงตัวตามแนวความโค้งที่ขนานกับทิวิกาได้ประมาณ 18 - 20 เซลล์

เซลล์ของทิวิกาตรงขอบของความโค้ง (ภาพประกอบ 9A) แบ่งตัวเพื่อสร้างใบ โดยเซลล์ใต้ผิวหรือใต้แถวแรก แบ่งตัวในแนวขนานกับผิวและเซลล์แถวแรกแบ่งตัวในแนวตั้งฉากกับผิว จนเห็นเป็นเนื้อเยื่ออ่อนออกมาจากขอบความโค้ง ในระยะแรกเห็นมุมสูงขึ้นมาเล็กน้อย (ภาพประกอบ 9B) ตำแหน่งที่มุมสูงนี้เป็นตำแหน่งเกิดใบ หรือเป็นตำแหน่งของฐานใบแรกเกิดเรียกว่า (Leaf buttress) ซึ่งต่อมาจะมีการแบ่งตัวของเซลล์บริเวณนี้เพิ่มมากขึ้น โดยเซลล์แถวแรกแบ่งตัวตั้งฉากกับผิวทำให้แนวของผิวต่อเนื่องกันระหว่างปลายยอดบริเวณเกิดใบ และลำต้น ส่วนเซลล์แถวในทั้งหมดมีการแบ่งตัวหลายแนวทำให้เกิดการเพิ่มความสูงและเพิ่มความหนาของเนื้อเยื่อกลุ่มนี้ (ภาพประกอบ 10A) จนเห็นเป็นมุมสูงขึ้นมาได้ชัดเจน เรียกว่า ปุ่มใบ (Leaf primordium) ซึ่งยังคงมีการแบ่งตัวของเนื้อเยื่อภายในทำให้สูงขึ้นเรื่อย ๆ (ภาพประกอบ 10B) ในระยะนี้เห็นแนว Procambium ซึ่งเกิดต่อเนื่องกับแนวในลำต้น เจริญเข้าไปยังปุ่มใบ ก่อใบปุ่มใบมีการเจริญเติบโตอีกหลายขั้นตอน จนกระทั่งได้เป็นใบที่เจริญเต็มที่

1.1.2 บริเวณข้อที่ 1

พบว่าที่บริเวณข้อที่ 1 จะมีใบอ่อนคู่ที่ 1 (ภาพประกอบ 11A) ซึ่งเป็นใบแรก ที่มองเห็นด้วยตา ยังอยู่ในระหว่างการพัฒนาเปลี่ยนแปลงเป็นใบที่สมบูรณ์ และพบว่าที่ข้อของ

ใบนี้มีปุ่มของตากิ่ง (Axillary bud primordium) เริ่มเจริญขึ้น แต่ตรวจไม่พบปุ่มของตาที่เกิดขึ้น (Thorn bud primordium) ในระยะนี้ใบอ่อนประกอบด้วยเนื้อเยื่อที่พอแยกได้ว่าเป็น 3 บริเวณ คือ บริเวณ Protoderm เป็นเนื้อเยื่อเจริญชั้นผิวประกอบด้วยเซลล์ 1 แถว ซึ่งบางเซลล์เปลี่ยนแปลงไปเป็นกลุ่มเซลล์ที่เป็นขนชนิดที่ส่วนหัวเป็นต่อม (Glandular hair) บริเวณ Ground meristem เป็นเนื้อเยื่อเจริญที่อยู่ภายในทำหน้าที่เป็นเนื้อเยื่อหุ้ม ล้อมรอบด้วยผิวประกอบด้วยเซลล์ในจำนวนตามขวางของใบอ่อนได้ประมาณ 14 เซลล์ โดยมีแนวของเนื้อเยื่อ Procambium ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเจริญที่ต่อไปจะเป็นเนื้อเยื่อลำเลียง 2 แนวแทรกอยู่ตรงกลาง นับจำนวนเซลล์ของแนว Procambium ตามขวางแนวได้ประมาณ 5 - 7 เซลล์ และแนวของ Procambium นี้ ต่อเนื่องกับแนวของ Procambium ในลำต้นที่อยู่ใกล้ๆ บางใบเห็นเซลล์ลำเลียงน้ำ 2 - 3 เซลล์ เพิ่งเกิดขึ้นในบริเวณ Procambium นี้ ใบอ่อนดังกล่าวมีขนาดที่วัดตามความยาวจากโคนใบถึงปลายใบได้ประมาณ 3,500 ไมครอน

ส่วนเนื้อเยื่อของลำต้นบริเวณนี้ (ภาพประกอบ 11b) จะประกอบด้วยเซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญ ที่มีลักษณะต่างกันจัดได้เป็น 3 บริเวณเช่นกัน คือ

Protoderm ประกอบด้วยเซลล์แถวเดียวอยู่นอกสุดหรือตรงผิว ลักษณะเซลล์เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ด้านยาวอยู่แนวตั้งฉากกับแกนยาวของลำต้น พบการแบ่งเซลล์แบบตั้งฉากกับผิว มีบางเซลล์กำลังเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ชนิดที่ส่วนหัวมีต่อม

Procambium เห็นเป็น 2 แนว อยู่บริเวณกลาง ๆ ของเนื้อเยื่อหุ้ม ล้อมรอบด้วยเซลล์ผิว ลักษณะเซลล์ เป็นเซลล์รูปร่างยาวและมีขนาดเล็ก เรียงตัวโดยเอียงด้านยาวขนานกับแกนยาวของลำต้น ภายในมีไซโทพลาซึมเข้มข้น เห็นได้จากการติดสีที่เข้มกว่าบริเวณอื่น แต่ละแนวมีจำนวนเซลล์ในแนวตามขวางได้ประมาณ 5 - 7 เซลล์ แนวของ Procambium ที่ได้ข้อนี้ต่อเนื่องกับแนวของ Procambium ในใบอ่อน

Ground meristem เป็นกลุ่มเซลล์ ที่จัดเป็นเนื้อเยื่อหุ้ม ด้านนอกล้อมรอบด้วย Protoderm บริเวณกลาง ๆ มีแนวของ Procambium แทรกอยู่ 2 แนว ทำให้เห็น Ground meristem แยกเป็น 2 บริเวณคือ บริเวณนอกทั้งซ้ายและขวา อยู่ถัดเข้าไป

จาก Protoderm ทั้ง 2 แนว นับจำนวนเซลล์ตามขวางแนวได้ประมาณ 13 - 15 เซลล์ ลักษณะเซลล์ค่อนข้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้างและยาวของเซลล์ค่อนข้างเท่า ๆ กัน คือประมาณ 10.7 และ 11.01 ไมครอน ตามลำดับ พบบางเซลล์มีการแบ่งตัวแบบขนานกับผิว ทำให้เกิดจำนวนเซลล์ในแนวตามขวางลำต้น (ภาพประกอบ 11c) Ground meristem บริเวณในหรือบริเวณที่อยู่ตรงกลาง ก่ออยู่ระหว่างแนวของ Procambium มีเซลล์ลักษณะคล้าย ๆ กับเซลล์ในบริเวณนอก แต่ขนาดของเซลล์ใหญ่กว่าเล็กน้อยคือมีขนาดกว้างและยาวประมาณ 11.07 และ 12.02 ไมครอน ตามลำดับ นับจำนวนเซลล์ในแนวตามขวางของลำต้นได้ประมาณ 19 - 20 เซลล์ ลักษณะเซลล์แสดงว่ามีการแบ่งตัวในแนวตั้งฉากกับแกนยาวของลำต้น ทำให้เนื้อเยื่อบริเวณนี้มีลักษณะการเรียงตัวตามแนวตั้งเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 - 3 เซลล์ (ภาพประกอบ 11c) ซึ่งเป็นลักษณะเริ่มต้นของเนื้อเยื่อเจริญที่ต่อไปจะเจริญเป็น Rib meristem

ระยะนี้ลำต้นมีการเจริญเติบโตในระยะที่มี Primary meristem นับว่ามีโครงสร้างที่แสดงเริ่มต้นของการเจริญเติบโตในระยะแรก (Primary growth)

1.1.3 บริเวณปล้องที่ 1

บริเวณนี้เห็นไม่ชัดเจนเพราะมีขอบเขตน้อยมาก โครงสร้างคล้ายบริเวณข้อที่ 1 แต่เซลล์มีขนาดใหญ่ขึ้น และมีการพัฒนาไปมากขึ้น เช่น บริเวณ Protoderm จะเกิดกลุ่มเซลล์ที่เป็นขนมากขึ้น บริเวณ Procambium พบบางเซลล์ยืดยาวเห็นได้ชัดเจน (ภาพประกอบ 12) ซึ่งต่อไปจะกลายเป็นเซลล์ของเนื้อเยื่อลำเลียงชนิดโฟลเอ็มและไซเลมสำหรับบริเวณ Ground meristem ที่อยู่ถัดผิว เซลล์มีรูปร่างค่อนข้างเป็นเหลี่ยม มีเซลล์ 2 ขนาด คือ เซลล์ขนาดยาวและเซลล์ค่อนข้างเท่ากัน นับจำนวนเซลล์ตามขวางได้ประมาณ 14 - 16 เซลล์ ขนาดเซลล์ใหญ่กว่าบริเวณที่อยู่เหนือขึ้นไป ส่วน Ground meristem ที่อยู่ตรงกลาง พบว่าเซลล์แบ่งตัวช้า ๆ กันในแนวตั้งฉากกับแกนยาวของลำต้นมากขึ้น ทำให้เห็นกลุ่มเซลล์ที่เรียงตัวตามแนวตั้งเป็นกลุ่ม ๆ ละหลายเซลล์ขึ้น เช่น 3 - 5 เซลล์ ลักษณะของเซลล์และการเรียงตัว แสดงว่า ทำให้เกิดการยืดตัวทางด้านความสูงของลำต้น เรียกกลุ่มเซลล์ที่มีลักษณะ เช่นนี้ว่า Rib meristem (ภาพประกอบ 12) ในระยะนี้วัดความยาวของปล้องที่ 1 ได้ประมาณ 200 ไมครอน

1.1.4 บริเวณข้อที่ 2

มีลักษณะคล้ายกับบริเวณข้อที่ 1 แต่มีการเจริญเปลี่ยนแปลงมากขึ้น ดังต่อไปนี้คือ มีใบอ่อนคู่ที่ 2 ซึ่งยังอยู่ในระหว่างการพัฒนาเปลี่ยนแปลงเพื่อเป็นใบที่สมบูรณ์ พบตากิ่ง (Axillary bud) เจริญยิ่งสูงกว่าข้อที่ 1 และยังพบปุ่มที่ต่อไปจะเจริญเป็นตาหนาม เกิดขึ้นทางด้านนอกหรือด้านที่ติดกับใบ เรียกว่า ปุ่มตาหนาม (Thorn bud primordium) สังเกตได้ชัดเจน (ภาพประกอบ 13A) ใบอ่อนคู่ที่ 2 มีส่วนประกอบของเนื้อเยื่อ คล้ายใบอ่อนคู่ที่ 1 แต่มีขนาดใหญ่กว่าคือ มีขนาดวัดตามความยาวจากโคนใบถึงปลายใบ ได้ความยาวประมาณ 4,600 ไมครอน และเนื้อเยื่อผิวมีการสร้าง กลุ่มเซลล์ที่เป็นขนหนาแน่นขึ้น และมักจะเป็นขนชนิดที่ส่วนหัวมีต่อม เซลล์ในเนื้อเยื่อพื้นของใบเริ่มเปลี่ยนแปลงรูปร่างจนมีลักษณะต่างกัน กล่าวคือเซลล์ที่อยู่ใกล้ผิวด้านใน (Adaxial) หรือด้านที่ใกล้ลำต้น มีรูปร่างค่อนข้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่เรียงตัวเอาด้านยาวตั้งฉากกับผิวเรียกกันว่า Adaxial layer หรือ Adaxial mesophyll ส่วนเซลล์ที่อยู่ใกล้ผิวด้านนอกมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีด้านกว้างและยาวค่อนข้างเท่า ๆ กัน เรียกกันว่า Abaxial layer หรือ abaxial mesophyll และยังพบว่าเกิดเซลล์ที่จะเป็นเซลล์ลำเลียงในท่อน้ำและท่อลำเลียงมากกว่าใบที่ 1 (ภาพประกอบ 13B)

เนื้อเยื่อของลำต้นบริเวณนี้มีลักษณะที่แบ่งได้เป็นชั้นต่าง ๆ คล้ายเนื้อเยื่อบริเวณข้อที่ 1 แต่เนื้อเยื่อเจริญขึ้นต่าง ๆ ใต้เจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงไปบ้างแล้ว นับเป็นการเริ่มต้นเข้าสู่การเจริญเติบโตระยะแรก (Primary growth) โครงสร้างของลำต้นระยะนี้ แบ่งเป็นชั้น ๆ ต่าง ๆ ใต้ดังนี้

ชั้นผิวนอก (Epidermis) เจริญเติบโตมาจาก Protoderm ประกอบด้วยเซลล์เพียงแถวเดียว ขนาดของเซลล์ใหญ่ขึ้นประมาณ 2 เท่าเมื่อเทียบกับบริเวณข้อที่ 1 และยังพบว่ามีการแบ่งเซลล์แบบตั้งฉากกับผิวเป็นระยะ และบางเซลล์ในบริเวณนี้ จะมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ผิวทั่ว ๆ ไป (Epidermal cell) กลุ่มเซลล์ที่เป็นขนชนิดที่ส่วนหัวมีต่อม (Glandular hair) และเซลล์ที่เป็นขนชนิดที่ส่วนหัวไม่มีต่อม (Unicellular hair) รวมทั้งเกิดเซลล์ที่เก็บเซลล์คุม (Guard cells) รอบปากใบ ดังนั้นในระยะนี้ อาจเรียกลำต้นนี้ว่า "Young Epidermis" (ภาพประกอบ 14A)

ชั้นคอร์เท็กซ์ (Cortex) เจริญเติบโตมาจาก Ground meristem บริเวณด้านนอกที่อยู่ถัดจากผิวเข้าไปทั้ง 2 แนว พบว่าขนาดของเซลล์ใหญ่ขึ้น นับจำนวนเซลล์ตามขวางแนว ได้ประมาณเท่าเดิมคือ 15 - 17 เซลล์ ลักษณะเซลล์ยังคงคล้ายคลึงกันตลอดทั้งชั้น คือมีรูปร่างหลายเหลี่ยม เรียงตัวค่อนข้างแน่น ไซโทพลาซึมยังเข้มข้น ซึ่งเป็นลักษณะเซลล์ที่ยังมีการเปลี่ยนแปลงต่อไปได้อีก จึงอาจเรียกบริเวณนี้ว่า "Young Cortex"

(ภาพประกอบ 14)

ชั้นสตีล (Stele) เป็นชั้นที่อยู่ตรงกลางของลำต้น ประกอบด้วยเนื้อเยื่อที่เห็นชัดเจนว่าแยกกันเป็น 2 พวกคือ พวกหนึ่งอยู่ถัดจากชั้นคอร์เท็กซ์ เจริญมาจาก Procambium ที่มีการขยายขนาดของเซลล์ทางด้านยาวมากกว่าทางด้านกว้างอย่างเห็นได้ชัดเจน และมีโครงสร้างภายในที่กำลังเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ของเนื้อเยื่อลำเลียง สังเกตได้จากเซลล์ของโลเลเอ็มที่มีนิวเคลียสยาวตามรูปร่างของเซลล์ที่ขยายยาวออกไป (ภาพประกอบ 14B) และพบว่าเกิดเซลล์ของไซเลมที่มีการสร้างผนังเป็นลวดลาย ชนิดเป็นเกลียวขึ้นบ้างแล้ว (ภาพประกอบ 14B) ในระยะนี้จึงเป็นการเริ่มสร้างเนื้อเยื่อลำเลียงจาก Procambium เนื้อเยื่ออีกพวกหนึ่งเจริญมาจาก Ground meristem บริเวณด้านในที่อยู่ระหว่างแนวของ Procambium โดยเซลล์มีการขยายขนาดใหญ่ขึ้นมากกว่าบริเวณอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดเจน และพบว่าเซลล์นี้ลักษณะเป็น Rib meristem (ภาพประกอบ 14B) ซึ่งเกิดจากการแบ่งตัวของเซลล์บริเวณนี้ในแนวตั้งฉากกับแกนยาวของลำต้นเข้า ๆ กัน ทำให้ได้เซลล์เกิดขึ้นเป็นกลุ่ม ๆ แต่ละกลุ่มประกอบด้วยจำนวนเซลล์ ที่เรียงเป็นแถวตามแนวตั้ง จำนวนกลุ่มละหลายเซลล์ เช่น 7 - 8 เซลล์ ซึ่งบริเวณนี้ต่อไปจะเจริญเปลี่ยนแปลงไปเป็นทิส (Pith) ซึ่งในช่วงนี้อาจเรียกว่า "Young Pith" (ภาพประกอบ 14B)

1.1.5 บริเวณปล้องที่ 2

ในระยะนี้ค่อนข้างเห็นขอบเขตชัดเจนขึ้น โครงสร้างของเซลล์คล้ายบริเวณข้อที่ 2 แต่เซลล์มีขนาดใหญ่ขึ้น บริเวณชั้นผิวนอก พบเซลล์ที่เป็นขนเกิดขึ้นหนาแน่นกว่าเดิม และพบเซลล์ผิวบางเซลล์ มีขนาดใหญ่กว่าเซลล์อื่น ภายในเซลล์คล้ายกับการสะสมสารสีเทาบางอย่าง ลักษณะคล้ายผลึก บริเวณสตีลมีเนื้อเยื่อลำเลียงทั้ง 2 ชนิดปรากฏชัดเจนยิ่งขึ้น

ที่บริเวณคอร์เทกซ์และพิธ มีลักษณะเหมือนเดิม แต่ขนาดของเซลล์ใหญ่ขึ้นกว่าเดิม วัดความยาวของปล้องที่ 2 ได้ประมาณ 600 - 1,000 ไมครอน

1.1.6 บริเวณข้อที่ 3

ใบเจริญมากแล้วจึงพบเฉพาะส่วนโคนใบติดอยู่ใน section นับเป็นใบคู่ที่ 3 ตาที่งอกใบเจริญมากขึ้น จนเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดของตาที่งอก ซึ่งประกอบด้วยทูนิกา และคอร์ทิสเช่นเดียวกับกิ่งใหญ่ เริ่มสร้างใบเหมือนปลายยอดของกิ่งใหญ่ และพบว่าตาหนามก็มีลักษณะของเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายคล้ายกับของตาที่งอกเช่นกัน ก็มีทูนิกา และคอร์ทิส ตรงปลายและมีหนามตรงขอบของเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดเช่นกัน (ภาพประกอบ 15A) หนามตาหนามในระยะนี้จึงอาจเรียกว่า ตาหนาม (Thorn bud) ส่วนเนื้อเยื่อของลำต้นบริเวณนี้มีการเปลี่ยนแปลงไปมาก คือมีการเจริญเติบโต และเกิดเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ มากขึ้น และสามารถแบ่งโครงสร้างของลำต้นในระยะนี้ได้เป็น 3 บริเวณ หรือ 3 ชั้นชัดเจนตามหลักการที่แบ่งไว้ในตอนต้นดังนี้

ชั้นผิวหนัง (Epidermis) เป็นบริเวณผิวที่มีการเจริญเปลี่ยนแปลงมาจากชั้น Protoderm โดยสมบูรณ์แล้ว สังเกตเห็นได้จากการที่เซลล์มีขนาดใหญ่ขึ้น มีผนังหนาขึ้น ไซโทพลาซึมจางลง นอกจากนี้ยังพบว่าที่เซลล์ผิวมีการแบ่งตัวทั้งแนวตั้งฉากและขนานกับผิว ทำให้มีการเพิ่มขึ้นเซลล์จาก 1 แถว มาเป็น 2 - 3 แถว (ภาพประกอบ 15B) เซลล์ผิวบางเซลล์ไม่แบ่งตัวแต่เปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์ขนาดใหญ่ที่เก็บผลึกไว้ในลักษณะของผลึกเป็นผลึกแคลเซียมคาร์บอเนต ที่มีผิวขรุขระ เรียกว่า Cystolith

ชั้นคอร์เทกซ์ (Cortex) เป็นบริเวณที่อยู่ถัดจากชั้นผิวหนังเข้าไป สังเกตเห็นในระยะนี้ได้ชัดว่าเกิดเซลล์หลายชนิดขึ้น ทำให้แยกกันได้เป็น 3 พวก คือ

พวกแรกเป็นเซลล์ที่ติดกับบริเวณผิว มีลักษณะเซลล์เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีด้านยาว ๆ ประมาณ 3 เท่าของด้านกว้าง วัดด้านยาวและด้านกว้างตามแนวผนังเซลล์ได้ประมาณ 120 และ 40 ไมครอน ตามลำดับ เซลล์เรียงตัวโดยด้านยาวอยู่ในแนวขนานกับแกนยาวของลำต้น ผนังของเซลล์หนาไม่สม่ำเสมอ บางด้านหนามากกว่าด้านอื่นอย่างเห็นได้ชัด (ภาพประกอบ 15B) จัดว่าเป็นเซลล์คอลเลงคิมา นับจำนวนแถวของเซลล์เหล่านี้ตามแนวขวางได้ประมาณ 3 - 5 แถว

พวกที่สองเป็นเซลล์ที่อยู่บริเวณถัดเข้ามาจากพวกแรก รูปร่างเซลล์เป็นรูปเหลี่ยมที่มีด้านเกือบเท่ากัน วัดขนาดเซลล์ตามแนวผ่านกลางเซลล์ได้ประมาณ 35 - 40 ไมครอน ผนังเซลล์บางสม่ำเสมอ ภายในเซลล์พบคลอโรพลาสต์มากมาย นับจำนวนเซลล์ตามแนวขวางของลำต้น ได้ประมาณ 3 - 4 เซลล์ เซลล์บริเวณนี้เรียกว่า กลอแรงคิมา (ภาพประกอบ 15B)

พวกที่สามเป็นเซลล์ที่อยู่ถัดจากกลอแรงคิมาเข้าไป จะเป็นเซลล์ที่มีรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดใหญ่กว่าพวกที่สอง ก็มีความยาวและความกว้างวัดได้ประมาณ 80 และ 55 ไมครอน ตามลำดับ แต่ภายในมีคลอโรพลาสต์น้อยกว่าบริเวณกลอแรงคิมา บริเวณนี้จัดเป็นเซลล์พาเรงคิมา (ภาพประกอบ 15B) ซึ่งนับจำนวนเซลล์ตามแนวขวางของลำต้น ได้ประมาณ 5 - 6 เซลล์

ชั้นสตีล (Stele) เป็นบริเวณที่อยู่ตรงกลางทั้งหมด ประกอบด้วยเนื้อเยื่อลำเลียงและเนื้อเยื่อบริเวณพิธ

เนื้อเยื่อลำเลียง เจริญเติบโตมากขึ้นทั้งลักษณะเซลล์และปริมาณเนื้อเยื่อจนเห็นต่อเนื่องกันเป็นแนวยาว และยังเห็นเนื้อเยื่อลำเลียงที่แยกไปยังโคนใบคู่ที่ 3 และไปยังตาข้าง และตาหนามที่ซ่อนไว้ได้ชัดเจน (ภาพประกอบ 15A)

เนื้อเยื่อบริเวณพิธ ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่มีขนาดใหญ่มากขึ้นกว่าเดิมประมาณ 3 เท่า เมื่อเทียบกับบริเวณข้อที่ 2 คือวัดขนาดเซลล์ในแนวผ่านกลางเซลล์ด้านกว้างและด้านยาวได้ประมาณ 65 และ 85 ไมครอน ตามลำดับ

จากผลการศึกษาแสดงว่าในระยะนี้ลำต้นมีการเจริญเติบโตถึงขั้นการเจริญเติบโตระยะแรก (Primary growth) อย่างสมบูรณ์ ลักษณะโครงสร้างจัดเป็น ระยะที่เรียกว่า Primary structure มีเนื้อเยื่อลำเลียงชนิด Primary xylem และ Primary phloem

1.2 การศึกษาปลายยอดที่ตัดตามขวาง

ในการตัดตามขวางปลายยอด จะผ่านใบ หนาม และลำต้น ระยะต่าง ๆ ในที่นี้จะรายงานผลการศึกษาจากายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตเฉพาะส่วนลำต้น สำหรับผลการศึกษาเรื่องใบและหนาม จะรายงานรวมแยกไว้ในแต่ละเรื่อง

กายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตของลำต้น

ศึกษาการเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงของลำต้น จากการตัดตามขวางของปลายยอด เรียงตามลำดับ (Serial section) ได้ผลการศึกษาดังนี้

1.2.1 โครงสร้างของเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด

บริเวณเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดเฉพาะส่วนปลายที่มีรูปร่างโค้งแบบรูปโคมจึงอยู่ระดับเหนือจุดกำเนิดปมใบ มีสังเขปเป็นรูปกลม ประกอบด้วยเซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญ ที่มีลักษณะเหมือน ๆ กัน คือมีรูปร่างเป็นเหลี่ยม นิวเคลียสขนาดใหญ่ ไซโทพลาซึมเข้มข้นมากผนังเซลล์บาง (ภาพประกอบ 16A) ซึ่งเรียกว่าบริเวณ Promeristem (Cutter, 1972 : 54 - 55) การเจริญระยะต่อไปในช่วงที่มีโคนของปมใบติดอยู่ จะเห็นว่าประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญ ที่เริ่มมีเนื้อเยื่อลักษณะต่างกัน แบ่งได้เป็น บริเวณขอบ หรือผิวที่ประกอบด้วยเซลล์ขนาดเล็ก 1 แถว คือ Protoderm ภายในเนื้อเยื่อที่เซลล์ขนาดใหญ่ขึ้น เห็นไซโทพลาซึมติดสีจางลง ลักษณะคล้ายเนื้อเยื่อที่บรรจุอยู่ภายในผิวเรียกว่าเนื้อเยื่อ Ground meristem และมีเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์ขนาดเล็กมากแทรกอยู่ในเนื้อเยื่อ เห็นเป็นกลุ่มอยู่ตรงกลาง คือเนื้อเยื่อ Procambium (ภาพประกอบ 16B)

1.2.2 โครงสร้างของลำต้นในช่วงข้อที่ 1 และปล้องที่ 1

จะเห็นการเปลี่ยนแปลงของลำต้นเพิ่มขึ้น จนปรากฏให้เห็นว่าเกิดเนื้อเยื่อต่างกัน แยกเป็น 3 บริเวณ คือ Protoderm, Ground meristem และ Procambium แต่ยังไม่แยกให้เห็นชัดเจนนักในข้อที่ 1 และพบว่าในช่วงปลายของปล้องที่ 1 จะเห็นสังเขปของลำต้น เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามุมมน (ภาพประกอบ 17A) เนื้อเยื่อมีการเปลี่ยนแปลงให้เห็นเป็น 3 บริเวณชัดเจนขึ้นดังนี้ บริเวณนอกสุดคือ Protoderm ประกอบด้วยเซลล์ 1 แถว รูปร่างเซลล์เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า นิวเคลียสขนาดใหญ่ ไซโทพลาซึมเข้มข้น เซลล์เรียงต่อกันเป็นวงรอบลำต้น และพบว่าบางเซลล์มีการแบ่งตัวในแนวตั้งฉากกับผิว เกิดเข้ามาคือบริเวณของ Ground meristem ในระยะนี้เห็นได้ชัดเจนว่าแยกเป็น 2 บริเวณ คือ บริเวณนอกอยู่ถัดจาก Protoderm ประกอบด้วยเซลล์ประมาณ 13 - 15 แถว ลักษณะเซลล์ในด้านตัดขวางเป็นรูปหลายเหลี่ยมเกือบกลม วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของเซลล์ได้ประมาณ

10.02 ไมครอน และบริเวณในหรือกลางสุดของลำต้นมีลักษณะเซลล์คล้าย ๆ กับบริเวณนอก แต่มีขนาดใหญ่กว่าเล็กน้อย คือมีเส้นผ่าศูนย์กลางของเซลล์ประมาณ 14.6 ไมครอน นับบริเวณแถวของเซลล์ในแนวผ่านกลางลำต้นตามด้านกว้างและในแนวผ่านกลางลำต้นตามด้านยาวได้ประมาณ 12 และ 17 แถวตามลำดับ สำหรับ Procambium ซึ่งปรากฏเป็นแนวเหมือนแทรกอยู่ใน Ground meristem เป็นวงโดยรอบนั้นประกอบด้วยเซลล์ขนาดเล็กมาก จำนวนประมาณ 6 - 7 แถว ถ้าตัดตามแนวขวางลำต้น ในระยะนี้จะเห็นว่าลำต้นมีการเจริญเติบโตถึงระยะที่มี Primary meristem เห็นได้ชัดเจน ถัดไปจะพบว่าตรงส่วนแกนของลำต้น ซึ่งเป็นส่วนที่ตรงกับตำแหน่งเกิดใบ จะเกิดเซลล์ลำเลียงน้ำขึ้น โดยเกิดอย่างกระจายแต่ละ 1 - 2 เซลล์ (ภาพประกอบ 17B) และพบว่าลำต้นในช่วงปล้องที่ 1 นั้นเกิด Protoxylem เป็นแนว ๆ ละ 1 - 2 แถว แต่ละแถวประกอบด้วย 1 - 2 เซลล์ (ภาพประกอบ 17B)

1.2.3 โครงสร้างลำต้นในช่วงข้อที่ 2 และปล้องที่ 2

ในช่วงนี้มีการเจริญของเนื้อเยื่อต่าง ๆ เพิ่มขึ้น Primary meristem ได้เจริญเติบโตให้เนื้อเยื่อที่เจริญเติบโตเต็มที่ระยะแรก (Primary tissue) แล้วจึงจัดว่าพบการเจริญเติบโตระยะที่ 1 หรือระยะแรก (Primary growth) ทำให้สามารถแบ่งโครงสร้างของลำต้นเป็นบริเวณ หรือชั้นต่าง ๆ ได้ชัดเจนเป็น 3 บริเวณ หรือ 3 ชั้น คือ

ชั้นผิวนอก (Epidermis) เจริญเติบโตจากชั้น Protoderm ประกอบด้วยเซลล์ผิวและบางเซลล์ที่มีการเจริญเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์หรือกลุ่มเซลล์ที่เป็นขน ซึ่งพบว่ามีอยู่ 2 ชนิด คือ ชนิดที่ส่วนปลายมีค่อม และที่เป็นเซลล์เดี่ยว ส่วนปลายไม่มีค่อม แต่ชนิดส่วนใหญ่เป็นชนิดแรก ชนิดที่ส่วนปลายมีค่อมพบว่าค่อมประกอบด้วยเซลล์จำนวน 8 เซลล์ เรียงตัวอยู่ในแนวรัศมี (ภาพประกอบ 37) ส่วนที่เป็นก้านประกอบด้วยเซลล์ 2 - 3 เซลล์เรียงต่อกัน และส่วนที่เป็นฐานมีเซลล์เดี่ยวอยู่ในระดับเดียวกับเซลล์ผิว สำหรับชนิดที่เป็นเซลล์เดี่ยวมีฐานอยู่ในระดับเดียวกับเซลล์อื่น ๆ และเซลล์ตรงปลายมีลักษณะแหลม นอกจากนี้ยังพบว่าเซลล์ผิวบางเซลล์มีขนาดใหญ่กว่าปกติ ภายในมีส่วนประกอบที่คล้ายผลึก แต่ยังไม่เต็มเซลล์

(ภาพประกอบ 18A) สำหรับเซลล์ผิวทั่ว ๆ ไป พบว่าบางเซลล์เริ่มแบ่งตัวในแนวขนานกับผิว (ภาพประกอบ 18A) ทำให้เนื้อเยื่อชั้นผิวมีมากกว่า 1 แถว

ชั้นคอร์เทกซ์ (Cortex) เจริญเติบโตมาจาก Ground meristem บริเวณนอกจัดเป็นบริเวณที่อยู่ระหว่างผิวและเนื้อเยื่อข้างใน เห็นความแตกต่างของเซลล์ในชั้นนี้แยกได้เป็น 2 บริเวณ คือ บริเวณคอร์เทกซ์ด้านนอกที่ติดกับผิว ประกอบด้วยเซลล์รูปร่างเป็นเหลี่ยมเรียงชิดติดกันไม่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ มีผนังหนากว่าเซลล์ใกล้เคียงเล็กน้อย และความหนาของผนังไม่สม่ำเสมอทั้งเซลล์ ซึ่งเห็นได้จากการติดสีย้อมเข้มกว่าบริเวณใกล้เคียง เซลล์เหล่านี้คือ คอลเลงกิม่า (ภาพประกอบ 18A,B) ซึ่งมีจำนวนแถวได้ประมาณ 4 - 5 แถว บริเวณคอร์เทกซ์ด้านใน ซึ่งถัดเข้าไปจากเนื้อเยื่อคอลเลงกิม่า พบเซลล์มีลักษณะหลายเหลี่ยมเกือบกลม และมีขนาดใหญ่กว่าเซลล์คอลเลงกิม่าที่กล่าวมาแล้ว นับจำนวนแถวได้ประมาณ 7 - 9 แถว ผนังเซลล์บางกว่า ไซโทพลาซึม เข้มข้น เซลล์จำนวน 3 - 5 แถวแรกของบริเวณนี้ มีคลอโรพลาสต์จำนวนมากเป็นพิเศษในแต่ละเซลล์ และการเรียงตัวของเซลล์มีช่องว่างระหว่างเซลล์ เรียกเซลล์เหล่านี้ว่า คอลเรงกิม่า (ภาพประกอบ 18B) ส่วนแถวที่เหลือหรือแถวใน ๆ ของคอร์เทกซ์ ประมาณ 4 - 5 แถว เซลล์ไม่ค่อยมีคลอโรพลาสต์มากนัก เป็นเซลล์พาเรงกิม่า (ภาพประกอบ 18B)

ชั้นสตีล (Stele) เป็นบริเวณที่ตัดคอร์เทกซ์เข้าไปทั้งหมดประกอบด้วยเนื้อเยื่อที่เห็นชัดเจนว่าแยกเป็น 2 พวก พวกหนึ่งอยู่บริเวณนอก เป็นเนื้อเยื่อลำเลียงที่เจริญมาจาก Procambium มีกลุ่มเซลล์พวก Protoxylem เริ่มเกิดขึ้นทางด้านแกนของลำต้นก่อนทางด้านอื่น โดยเกิดการกระจายเป็นแนวประมาณ 16 แนว แต่ละแนวมีเซลล์ประมาณ 1 - 2 เซลล์ นอกจากนี้ยังพบ Protophloem เกิดขึ้นเป็นกลุ่ม ๆ จำนวน 1 - 2 เซลล์ต่อกลุ่ม อยู่ในแนวเดียวกับแนวของ Protoxylem แต่เกิดอยู่ทางด้านนอก ส่วนเนื้อเยื่อที่เหลือก็ยังเป็น Procambium ที่กำลังอยู่ในระหว่างการเปลี่ยนแปลงไปเป็นเนื้อเยื่อลำเลียงเพิ่มขึ้น

อีกพวกหนึ่งอยู่ที่บริเวณกลางสุดของลำต้น ล้อมรอบด้วยเนื้อเยื่อลำเลียงเป็นพวกที่เจริญเติบโตมาจาก Ground meristem บริเวณในประกอบด้วยเซลล์พาเรงกิม่าที่มี

ขนาดใหญ่มากขึ้น ภายในเซลล์ยังคงมีเม็ดคลอโรพลาสต์เช่นกันแต่จำนวนน้อย บริเวณนี้เรียกว่า พิช (Pith)

ลำต้นในระยะปล้องที่ 2 นี้ จึงนับว่ามีการเจริญเติบโตระยะแรก (Primary growth) โครงสร้างของลำต้นจึงมีลักษณะเริ่มแรกของ Primary structure

1.2.4 โครงสร้างของลำต้นในช่วงข้อที่ 3 และปล้องที่ 3

ลำต้นในระยะนี้มีการเจริญเติบโตระยะแรกที่สมบูรณ์แล้ว ก็มีการเจริญมากขึ้นกว่าเดิม โครงสร้างในชั้นต่าง ๆ จึงเกิดเพิ่มขึ้นและเห็นชัดเจนกว่าเดิม

ชั้นผิวนอก บริเวณที่เซลล์ผิวเพิ่มจำนวนเป็น 2 - 3 แถว มีมากขึ้นกว่าเดิม ทำให้เห็นเซลล์ผิว 2 - 3 แถวโดยรอบลำต้น เนื่องจากเซลล์ผิวแบ่งตัวแบบขนานกับผิว และผนังเซลล์ด้านนอกของเซลล์ผิวหนาขึ้นกว่าเดิม พบว่ากลุ่มเซลล์ที่เป็นขนชนิดที่ปลายมีค้อม มีจำนวนน้อยลง แต่เซลล์ที่ปลายนั้นมีผนังหนาขึ้น ไบโทพลาซึมเข้มขึ้นขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า เซลล์ผิวที่ภายในมีผลึกนั้น ก้อนผลึกปรากฏลักษณะเฉพาะเด่นชัดขึ้น ก็มีลักษณะ เป็นก้อนผิว ขรุขระ ซึ่งเป็นลักษณะของผลึกแคลเซียมคาร์บอเนต ที่มีชื่อเรียกว่า Cystolith และเรียกเซลล์ว่า Lithocyst (ภาพประกอบ 19A) นอกจากนี้ยังพบเซลล์กลุ่มปากใบ และ เซลล์ข้างเคียงเซลล์กุ่มก้วย (ภาพประกอบ 19B)

ชั้นคอร์เทกซ์ เซลล์คอลเลงคิมาที่มีผนังหนาขึ้นโดยเฉพาะบริเวณมุมของเซลล์ จึงจัดเป็นชนิด Angular collenchyma (ภาพประกอบ 19A) สำหรับเซลล์คอลเลงคิมา มีขนาดใหญ่ขึ้น และพบผลึกรูปเข็มชนิด Acicular (ภาพประกอบ 20A) ซึ่งเป็นผลึกรูป เข็มเกิดจากสารแคลเซียมออกซาลेटมากมายอยู่ในเซลล์ เช่นเดียวกับภายในเซลล์วาเรงคิมา ที่อยู่ถัดเข้าไป

ชั้นสปีล ทางด้านแคบของลำต้นพบว่า มี Metaxylem 3 - 5 เซลล์เริ่มเกิด เป็นแถวในแนวเดียวกับ Protoxylem ดังเหตุพบว่า Metaxylem ที่เพิ่งเกิดขึ้นใหม่ ๆ มีผนังเซลล์บางกว่า ภายในยังคงมีไบโทพลาซึมเหลืออยู่ (ภาพประกอบ 20B) นอกจากนี้ ยังพบกลุ่ม xylem parenchyma ที่ประกอบด้วยเซลล์ขนาดเล็ก ๆ กลุ่มละ 3 - 5 เซลล์ อยู่เป็นแนว เช่นเดียวกับ Protoxylem และบริเวณแนวตรงข้ามกับ Metaxylem

จะพบกลุ่มเซลล์ของโฟลเอ็มเกิดเพิ่มขึ้น ส่วนที่บริเวณกว้างของลำต้นพบว่ามี Metaxylem เกิดขึ้นในทำนองเดียวกัน แต่จำนวนเซลล์น้อยกว่าที่เกิดทางด้านแคบของลำต้น ในระยะนี้ จึงจัดว่ามีเนื้อเยื่อลำเลียงชนิด Primary xylem และ Primary phloem

บริเวณเหนือ หรือตรงกลางของสปีค จะพบว่าเซลล์มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเดิมมาก และช่องว่างระหว่างเซลล์กว้างขึ้น ภายในเซลล์เกือบทุกเซลล์มีผลึกของแคลเซียมออกซาเลต ชนิดรูปเข็มมากขึ้น และผลึกมีขนาดยาวกว่าที่พบในชั้นคอร์เทกซ์ วัดความยาวของผลึกรูปเข็ม แต่ละอัน ได้ประมาณ 30 - 40 ไมครอน

2. การศึกษากายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตของลำต้น

ศึกษาการเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงของลำต้น จากการตัดตามขวางตั้งแต่ปล้องที่ 4 จนถึงปล้องที่ 9 เรียงตามลำดับ ได้ผลการศึกษาดังนี้

2.1 กายวิภาคของลำต้นบริเวณปล้องที่ 4

ชั้นผิวนอก พบเซลล์ผิวบางช่วงมี 3 แถว (ภาพประกอบ 21A) และมีเซลล์ผิวขนาดใหญ่จำนวนมากขึ้น ปรากฏให้เห็นเป็นระยะ ๆ เซลล์ที่มีขนาดใหญ่จะมีขนาดใกล้เคียงกับเซลล์ทั้ง 3 แถวรวมกัน คือวัดขนาดตามแนวเส้นผ่านกลางเซลล์ได้ประมาณ 40 - 50 ไมครอน และจะเป็นเซลล์ที่เรียกว่า Lithocyst เก็บผลึกชนิด Cystolith คือเก็บสารแคลเซียมคาร์บอเนต ที่มีรูปร่างผลึกเป็นรูปกลมหรือแท่ง ผิวขรุขระ มีที่มยื่นจากผนังเซลล์ด้านนอก สำหรับช่วงที่มีเซลล์ 3 แถว มีขนาดใกล้เคียงกัน คือแต่ละเซลล์มีขนาดที่วัดจากผนังเซลล์ด้านที่ขนานกับแนวรัศมี และด้านที่ขนานกับแนวสัมผัส ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากันคือ 13.5 ไมครอน พบว่าผนังเซลล์ด้านนอกที่สัมผัสกับอากาศ มีคิวติเคิลหนาขึ้นวัดได้

2.2 ไมครอน จำนวนกลุ่มเซลล์ที่เป็นขดคดง กว้ตรวจพบเพียง 2 - 3 กลุ่ม ต่อหนึ่ง

Section เท่านั้น แต่ใน 1 Section พบ Lithocyst ประมาณ 45 - 50 เซลล์

ชั้นคอร์เทกซ์ โครงสร้างคล้ายลำต้นบริเวณปล้องที่ 3 เพียงแต่เซลล์ในชั้นนี้ มีการขยายขนาดมากขึ้น นับจำนวนเซลล์ได้เท่าเดิมคือประมาณ 14 - 17 แถว

ชั้นสตีล เนื้อเยื่อลำเลียงทางด้านแกมของลำต้นพบแนวแคมเบียม

(Cambium zone) ประกอบด้วยเซลล์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดเล็กเรียงเป็นชั้น ๆ ประมาณ 3 - 4 ชั้น อยู่ระหว่างไซเลมและโฟลเอ็มของการเจริญเติบโตระยะแรก พบว่าที่แนวแคมเบียมมีการแบ่งตัวแบบขนานกับผิว (ภาพประกอบ 21B) ส่วนทางด้านกว้างของลำต้นยังไม่ปรากฏแนวแคมเบียม แต่พบว่ามี Metaxylem จำนวนมากขึ้น คือประมาณ 15 - 18 แถว แต่บริเวณมุมของลำต้น มี Metaxylem เกิดอย่างกระจายแต่ละ 1 - 2 เซลล์ เท่านั้น (ภาพประกอบ 21B) นอกจากนี้ยังพบเซลล์ทาเรงกิมาในไซเลม ทางส่วนกว้างของลำต้น ด้านละ 2 - 3 กลุ่ม วัดความกว้างของเนื้อเยื่อลำเลียงทั้งหมดในแนวรัศมีของลำต้น ได้ประมาณ 150 ไมครอน

เซลล์ในบริเวณพริบ มีการขยายขนาดใหญ่มากขึ้น วัดขนาดจากเซลล์ใหญ่ที่สุด ได้ประมาณ 70 ไมครอน นับเซลล์ทางด้านแกมของลำต้น และทางด้านกว้างของลำต้นได้ 13 - 15 และ 19 - 22 เซลล์ ตามลำดับ วัดความกว้างในแนวรัศมีของบริเวณพริบทั้งหมด โดยวัดจากด้านแกมและด้านกว้างของลำต้น ได้ประมาณ 350 และ 500 ไมครอน ตามลำดับ

2.2 กายวิภาคของลำต้นเมรีแวนดลองที่ 5

ประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ กล้ายบดลองที่ 4 ดังนี้

ชั้นผิวหนัง เซลล์มี 4 แถว เซลล์แถวนอกสุด 2 แถว มีขนาดเล็กกว่า

2 แถวใน เนื่องจากพบว่าสองแถวนอกสุดเกือบทุกเซลล์ มาจากการแบ่งเซลล์ ในแนวตั้งฉากกับผิวของแถวเดิม และบางเซลล์มีการแบ่งตัวในแนวขนานกับผิว (ภาพประกอบ 22A) ผนังด้านนอกของเซลล์แถวนอกสุดมีคิวติเคิลหนามาก วัดคิวติเคิลได้ 3 ไมครอน พบจำนวนขนดกลึงเกือบเพียง 1 - 3 กลุ่มต่อหนึ่ง section เซลล์เก็บผลึก หรือ Lithocyst ขนาดใหญ่ใกล้เคียงกับเซลล์ผิวทั้ง 4 เซลล์รวมกัน จำนวนที่พบยังสม่ำเสมอเท่าเดิม คือประมาณ 45 - 50 เซลล์ ต่อ section

ชั้นคอร์เทกซ์ มีโครงสร้างและส่วนประกอบคล้าย ๆ กับที่บดลองที่ 4

เพียงแต่ปรากฏลักษณะเฉพาะของเซลล์ต่าง ๆ มากขึ้น วัดขนาดความกว้างในแนวรัศมีของชั้นคอร์เทกซ์ได้ประมาณ 14 - 17 แถวเท่าเดิม แต่ขนาดเซลล์ใหญ่ขึ้น และพบว่าแถว

ของเอนโดเดอร์มิส (Endodermis) ปรากฏให้เห็นโดยสังเกตจากการตรวจพบ Casparian strip ที่เซลล์แถวนี้ (ภาพประกอบ 22B)

ขั้นสี่ พบว่ามีไซเลมที่เกิดขึ้นในการเจริญเติบโตระยะที่สอง (Secondary xylem) เจริญดี และเกิดขึ้นรอบลำต้นแล้ว เซลล์ของไซเลมมีผนังหนามากขึ้น เซลล์เวสเซล และเทรคีด เกิดขึ้นเป็นแถวในแนวรัศมี รอบ ๆ ลำต้น ระหว่างแถวของเซลล์จะมีเซลล์พาเรงคิมาแทรกอยู่ 1 แถว ซึ่งเซลล์จะมีผนังก่อนข้างหนากว่าพาเรงคิมาในบริเวณอื่น ๆ ลักษณะเซลล์เป็นเซลล์สะสมอาหารหรือสำรองอย่าง และยังมีแนวของเซลล์ไปเบอร์จำนวนมากแทรกอยู่ด้วย (ภาพประกอบ 22B) นอกจากนี้ยังพบว่าแนวแกนเบียมทำให้เกิดต่อเนื่องกันเป็นวงรอบลำต้นแล้ว และเห็นชัดเจนที่ เมโทเลเอ็มเคิม (Primary phloem) อยู่ทางด้านนอกเขตแนวแกนเบียมเป็นระยะ ๆ และมีเมโทเลเอ็มที่เกิดจากการเจริญเติบโตระยะที่สอง (Secondary phloem) เริ่มเกิดแทรกในเนื้อเยื่อไซเลม ทำให้มีลักษณะเป็นเมโทเลเอ็มชนิด Included phloem ซึ่งพบว่าเกิดขึ้นที่บริเวณด้านแกนของลำต้นก่อนประมาณ 1 - 2 กลุ่ม (ภาพประกอบ 22B) และการเจริญเติบโตระยะที่สองมีโครงสร้างต่างไปจากแบบแผนของการเจริญเติบโตทั่วไปนี้ จัดว่าเป็นการเจริญเติบโตชนิด Anomalous growth

เซลล์ในบริเวณนี้มีการขยายขนาดใหญ่ขึ้นอีก วัดขนาดของเซลล์ขนาดใหญ่ได้ประมาณ 120 ไมครอน นับจำนวนเซลล์ทางด้านแกนและด้านกว้างของลำต้นได้เท่าเดิมคือจำนวน 13 - 15 และ 19 - 22 เซลล์ ตามลำดับ วัดความกว้างของบริเวณทั้งสองทางด้านแกนและทางด้านกว้างได้ประมาณ 1,075 และ 1,175 ไมครอน ตามลำดับ

2.3 กายวิภาคของลำต้นบริเวณที่สองที่ 6

ประกอบด้วยชิ้นต่าง ๆ คล้ายบล็อกที่ 5 (ภาพประกอบ 23A) ดังนี้

ชั้นผิวนอก เมโซเฟลล์มี 4 แถวเช่นเดิม และลักษณะของเซลล์ผิวแถวนอกสุดยังมีลักษณะเหมือนในลำต้นบล็อกที่ 5 มีกวาหนาทั้ง 4 แถวประมาณ 55 ไมครอน ผนังด้านนอกสุดมีคิวติเคิลหนาขึ้นกว่าเดิมเล็กน้อย เมโซเฟลล์ชั้นกลาง เช่นเดียวกับบล็อกที่ 5 เซลล์เก็บผลึกมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่จำนวนที่พบเท่าเดิม คือประมาณ 45 - 50 เซลล์ต่อ Section

ชั้นคอร์เท็กซ์ ลักษณะโครงสร้างส่วนใหญ่เหมือนเดิม ยกเว้นที่บริเวณคอลเลจิม่าในชั้นคอร์เท็กซ์ เริ่มพบว่าการเปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์ผนังหนาขึ้นกว่าเดิม ลักษณะคล้ายจะเป็นเซลล์ไฟเบอร์วัดความกว้างในแนวรัศมีของชั้นนี้ได้ประมาณ 550 ไมครอน และในระยะนี้เห็นเอนโดเธลมีสีชัดเจนยิ่งขึ้น (ภาพประกอบ 23b)

ชั้นสตีล เนื้อเยื่อไซเลม และโพลีเอม เกิดเพิ่มมากขึ้น วัดขอบเขตของเนื้อเยื่อลำเลียงทั้งหมดในแนวรัศมีได้ประมาณ 400 ไมครอน พบกลุ่มโพลีเอม กลุ่มละ 3 - 5 เซลล์ แทรกแบบกระจายทั่วไปในเนื้อเยื่อไซเลม แต่บางครั้งก็พบ 2 - 3 กลุ่มอยู่ใกล้ ๆ กัน ในแนวเส้นรอบวง (ภาพประกอบ 23c) บางครั้งเห็นเรียงติดกัน 2 - 4 กลุ่มในแนวรัศมีทางด้านนอกของลำต้น ในบริเวณเนื้อเยื่อลำเลียงที่ขอบเป็นกลุ่มของเซลล์พาเรงคิม่าในไซเลมที่อยู่ใกล้ Protoxylem หรือใกล้พีธ พบว่ามีเซลล์กำลังเปลี่ยนแปลงเป็นไฟเบอร์ เกิดขึ้นเป็นแท่ง ๆ แท่งละ 3 - 5 เซลล์ ลักษณะของเซลล์ในด้านตัดขวางเห็นผนังหนาขึ้น แต่ยังคงบางกว่าผนังเซลล์ไฟเบอร์ในชั้นคอร์เท็กซ์

เซลล์ในบริเวณนี้มีการขยายขนาดขึ้นอีกวัดขนาดของเซลล์ขนาดใหญ่ได้ประมาณ 130 ไมครอน วัดขอบเขตของทิศทางด้านแคบและทางด้านกว้างได้ประมาณ 1,200 และ 1,300 ไมครอน ตามลำดับ

2.4 กายวิภาคลำต้นบริเวณปล้องที่ 7

ประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ ที่มีโครงสร้าง ดังนี้

ชั้นผิววนก ยังพบเซลล์ผิวจำนวน 4 แถว และจำนวนเซลล์ลดลง วัดความหนาของชั้นนี้ได้เท่าเดิมคือ 60 ไมครอน เช่นเดิม เช่นเดียวกับจำนวนเซลล์ที่มีผลึกแต่มีขนาดของเซลล์เก็บผลึกใหญ่ขึ้นกว่าเดิมเล็กน้อย

ชั้นคอร์เท็กซ์ ระยะนี้ขนาดของเซลล์ไม่ก่อกว้างขึ้น วัดความกว้างในแนวรัศมีของชั้นนี้ได้ประมาณเท่าเดิมคือ 550 ไมครอน ลักษณะและชนิดของเซลล์ในบริเวณนี้ก็คล้ายคลึงกับในปล้องที่ 6 แต่ผลึกรูปเข็มในเซลล์ลดจำนวนลง

ชั้นสตีล เซลล์ของไซเลม มีผนังหนาขึ้นกว่าเดิม นอกจากนี้ยังพบว่าโพลีเอมเกิดขึ้นมากกว่าเดิมและกลุ่มใหญ่ขึ้น แต่ละกลุ่มประกอบด้วย เซลล์หลอดตะแกรง (Sieve tube)

และเซลล์ประกบ (Companion cell) กลุ่ม ๆ หนึ่ง ๆ มีเซลล์ประมาณ 15 - 16 เซลล์ เห็นได้ชัดเจน (ภาพประกอบ 24A) ในระยะนี้เซลล์ไฟเบอร์ที่เนื้อเยื่อบริเวณใกล้ผิวทาง ด้านแกนของลำต้น มีผนังปรากฏชัดเจนยิ่งขึ้นเห็นได้จากการติดสี Safranin'O เข้มมากขึ้น กว่าเดิม (ภาพประกอบ 24B) วัดความกว้างของเนื้อเยื่อลำเลียงทั้งหมดได้ประมาณ 500 ไมครอน

โครงสร้างของบริเวณผิว ยังเหมือนเดิมแต่ผลึกรูปเข็มลดน้อยลง ระยะนี้เซลล์ ไม่ค่อยขยายขนาดขึ้น วัดความกว้างของบริเวณนี้ทั้งทางด้านแกนและด้านกว้างได้ประมาณ 1,200 และ 1,300 ไมครอน ตามลำดับ

2.5 กายวิภาคของลำต้นบริเวณปล้องที่ c

ประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ ดังนี้

ชั้นผิวนอก มีเซลล์ผิวมีจำนวน 4 แถว เช่นเดิม รวมทั้งจำนวนชน ขนาดและจำนวนเซลล์ก็เท่าเดิม

ชั้นคอร์เทกซ์ พบว่ามีการสะสมของผลิตภัณฑ์ผนังของเซลล์คอลเลงคิมา มากกว่าปกติ จนทำให้เซลล์เหล่านี้เริ่มเจริญเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ไฟเบอร์ การเปลี่ยนแปลง นี้ค่อย ๆ เกิดขึ้น แยกกันเป็นแต่ละเซลล์ หรืออาจเกิดเป็นกลุ่มเล็ก ๆ กลุ่มละประมาณ 3 - 10 เซลล์ก่อน (ภาพประกอบ 25A) นอกจากนี้ยังพบว่าบริเวณพาเรงคิมา ก็มีการเปลี่ยนแปลง ไปเป็นสเกลอริก (ภาพประกอบ 25A)

ชั้นสคัล พบเนื้อเยื่อลำเลียงทั้งไซเลม และโฟลเอ็ม เกิดเพิ่มขึ้นมากมาย วัดความกว้างของเนื้อเยื่อลำเลียงในแนวรัศมีได้ประมาณ 750 ไมครอน นอกจากนี้พบว่า ทางส่วนกว้างของลำต้น บริเวณใกล้ผิว เริ่มเกิดไฟเบอร์ขึ้น (ภาพประกอบ 26) ประมาณ 3 - 4 กลุ่ม ๆ ละ 5 - 7 เซลล์ ส่วนทางด้านแกนนั้น มีไฟเบอร์ชนิดที่เจริญเต็มที่ ผนังหนา มากแล้วสังเกตได้จากผนังทึบสีแดงของ Safranin'O เข้มมาก แต่ไฟเบอร์บริเวณนี้ มีขนาดเล็กกว่าพวกไฟเบอร์ในชั้นคอร์เทกซ์ ซึ่งเกิดจากเซลล์คอลเลงคิมา

โครงสร้างบริเวณผิวยังเหมือนเดิม ระยะนี้ขนาดเซลล์ไม่ค่อยขยายขนาดขึ้น วัดความ กว้างของบริเวณนี้ทั้งทางด้านแกนและทางด้านกว้างของลำต้นได้ประมาณเท่าเดิมคือ 1,200 และ 1,300 ไมครอน ตามลำดับ

2.5 กายวิภาคของลำต้นบริเวณปล้องที่ 9

ประกอบด้วยโครงสร้างต่าง ๆ ดังนี้

ชั้นผิวนอก ยังมีลักษณะเช่นเดียวกับปล้องที่ 8

ชั้นคอร์เทกซ์ พบว่าไฟเบอร์ที่เกิดจากคอลเลงคิมา เพิ่มจำนวนมากขึ้น เห็นเป็นกลุ่ม ๆ มากขึ้น โดยรอบลำต้น และมีสเกลลอรี่ที่เกิดจากพาเรงคิมา ปรากฏมากขึ้น เช่นกัน (ภาพประกอบ 27)

ชั้นสตีล เนื้อเยื่อลำเลียงเกิดเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม วัดความกว้างของเนื้อเยื่อลำเลียงในแนวรัศมีได้ประมาณ 1,075 ไมครอน และเห็นข้อแตกต่างของเนื้อเยื่อลำเลียงชนิดไซเลม และโกลเอ็ม ให้ชัดเจนมากขึ้น และพบว่าบริเวณใกล้พิตไธมมีไฟเบอร์ขนาดเล็ก ๆ เกิดมากขึ้น กระจายเป็นกลุ่ม ๆ ละ 3 - 4 เซลล์ รอบ ๆ ลำต้น แล้ววัดความกว้างของโครงสร้างบริเวณพิตไธมได้เหมือนเดิม คือวัดขนาดกว้างของบริเวณนี้ทั้งทางด้านแคบและด้านกว้างได้ประมาณ 1,200 และ 1,300 ไมครอน ตามลำดับ

3. การศึกษากายวิภาคและการเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงของใบ

เนื่องจากใบเกิดจากเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด จึงรายงานผลการศึกษาโดยเรียงลำดับขั้นตอนการเจริญเติบโต นับตั้งแต่เริ่มเกิดจากเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดจนได้เป็นใบที่เริ่มมีการเจริญเต็มที่จากตัวอย่างใบตรงข้อที่ 3 และใบที่เจริญเต็มที่จากตัวอย่างใบตรงข้อที่ 5 มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ใบที่เริ่มเกิดจากเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด

เซลล์แถวนอกสุดตรงขอบของทูลิกา เริ่มแบ่งตัวในแนวตั้งฉากกับผิว (ภาพประกอบ 9a) และแถวถัดลงไปแบ่งตัวในแนวขนานกับผิว ทำให้บริเวณที่มีการแบ่งเซลล์นี้สูงขึ้นกว่าเดิมเล็กน้อย นับเป็นตำแหน่งที่เกิดใบเรียกว่า ฐานใบแรกเกิด (Leaf buttress) (ภาพประกอบ 9b) บริเวณนี้จะมีการเพิ่มจำนวนเซลล์ขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยการแบ่งตัวของเซลล์แถวนอกในแนวตั้งฉากกับผิว และการแบ่งตัวของเซลล์แถวในที่แบ่งตัวหลายแนว ทำให้ฐานใบแรกเกิดคึกสูงขึ้นกว่าเดิม (ภาพประกอบ 9b) มีรูปร่างคล้ายรูปโคน (Cone) และจากการติดตามขวางผ่ามช่วงปลายบนของ Leaf buttress จะได้สังเขปเป็นรูปกลม

และถ้าตัดผ่านช่วงโคนจะพบสังเขปเป็นรูปครึ่งวงกลม ที่มีด้านนอกหรือด้านไกลแกน (Abaxial side) เป็นด้านโค้ง ส่วนด้านในหรือด้านใกล้แกน (Adaxial side) เป็นด้านตัดตรง Leaf buttress ประกอบด้วยเซลล์เนื้อเยื่อเจริญทั้งหมด แถวนอกสุด 1 แถว เห็นเซลล์เรียงเป็นระเบียบ ต่อเนื่องกันเป็นวงโดยรอบ ภายในมีเซลล์ชนิดที่แบ่งตัวได้คืออยู่ติดกันแน่น เมื่อ Leaf buttress เจริญสูงขึ้นอีกจะเข้าสู่ระยะ Leaf primordium หรือปุ่มใบ (ภาพประกอบ 10A,B) ซึ่งจะเพิ่มความสูงค่อนข้างรวดเร็ว โดยการแบ่งตัวของเซลล์บริเวณปลาย ๆ เมื่อตัดตามขวางผ่านส่วนปลายของปุ่มใบจะพบสังเขปรูปกลม (ภาพประกอบ 28) และกัดผ่านระยะกลาง ๆ เห็นสังเขปเป็นรูปครึ่งวงกลม (ภาพประกอบ 29) ซึ่งถ้ามองขอบใน (Adaxial) มีเนื้อเยื่อเจริญ เกิดที่ริมขอบเป็น 2 แถวเรียกว่า Marginal meristem ซึ่งแสดงว่าระยะนี้เป็นระยะที่เข้าสู่ระยะ Petiole-midrib primordium หรือระยะที่มีการสร้างแผ่นใบ เส้นกลางใบ และก้านใบ บริเวณที่มี Marginal meristem จะเป็นระยะ Midrib primordium หรือระยะที่สร้างเส้นกลางใบ ส่วนที่เหลือตรงโคน ๆ จะเป็นบริเวณที่ไม่มีการสร้างแผ่นใบเรียกว่าระยะ Petiole primordium หรือระยะที่สร้างก้านใบ (ภาพประกอบ 30) โครงสร้างระยะนี้ประกอบด้วยเซลล์เนื้อเยื่อเจริญ เห็นเป็น 3 บริเวณคือ Protoderm เป็นบริเวณนอกสุด เห็นเซลล์เรียงเป็นแถว 1 แถว ตรงกลางเป็นเซลล์ขนาดเล็ก อยู่เป็นกลุ่ม คือกลุ่มของ Procambium หรือ Provascular Strand ส่วนที่เหลือระหว่างสองส่วนดังกล่าวคือ Ground meristem (ภาพประกอบ 30) Marginal meristem ของปุ่มใบประกอบด้วยสองส่วนคือ Marginal initial เป็นส่วนนอกสุดมีเซลล์ 1 แถว เรียงตัวต่อเนื่องกับ Protoderm ของเส้นกลางใบ และ Submarginal initial มีเซลล์ 1 แถว หรือมากกว่าอยู่ถัดลงไป Marginal initial แบ่งตัวแบบตั้งฉากกับผิว ทำให้ได้ Protoderm ทั้งหมดของแผ่นใบเพิ่มขึ้น ทำให้แผ่นใบยืดยาวขึ้นได้ ผลจากการแบ่งตัวทำให้เกิด Protoderm ด้านในเรียก Adaxial protoderm และด้านนอกเรียก Abaxial protoderm ส่วน Submarginal initial จะแบ่งตัวให้เนื้อเยื่อภายในทั้งหมดโดย Submarginal initial แถวแรก จะมีการแบ่งตัวอย่างตั้งฉากกับผิว

ทำให้ได้จำนวนเซลล์มากขึ้นในแนวที่ทำให้แผ่นใบยืดยาวออกไปจากแกนหรือเส้นกลางใบ (Midrib) ส่วน Submarginal initial แกวัดเข้าไปมีการแบ่งตัวในแนวขนานกับผิว ทำให้แถวของเซลล์ตรงบริเวณกลาง ๆ ของแผ่นใบระยะอ่อนมีจำนวนแถวเพิ่มขึ้น ในที่สุดเป็น 5 แถว (ภาพประกอบ 31) แถบบนสุดนับจากด้านในหรือด้าน Adaxial คือ Adaxial protoderm หรือ Upper protoderm แถวที่สองเรียกว่า Adaxial layer แถวที่สามเรียกว่า Middle layer แถวที่สี่เรียกว่า Abaxial layer และแถวที่ห้าเรียกว่า Abaxial protoderm หรือ Lower protoderm ยกเว้นทรงปลายบนของแผ่นใบระยะอ่อนจะเห็น Submarginal initial เป็นเซลล์ขนาดใหญ่อยู่ใต้ Marginal initial (ภาพประกอบ 31) จึงนับแถวตรงบริเวณปลายบนได้ 3 แถว หรือไม่ค่อยปรากฏเป็นแถวชัดเจนนัก

ในเวลาที่แผ่นใบมีการเรียงตัวเป็น 5 แถวนี้ พบว่าบริเวณเนื้อเยื่อชั้น และ Procambium ของเส้นกลางใบระยะอ่อน (Young midrib) มีการแบ่งเซลล์ทั้งแนวตั้งฉากและแนวขนานกับผิวทำให้ขนาดของเส้นกลางใบขยายขึ้น และแนว Procambium เริ่มปรากฏให้เห็นชัดเจนขึ้น (ภาพประกอบ 32) บางระยะเห็นเป็นรูปโค้งครึ่งวงกลม โดยหันส่วนโค้งไปทางด้าน Abaxial และพบว่าที่ Protoderm มีการแบ่งเซลล์แบบตั้งฉากกับผิวด้วย

เมื่อแผ่นใบเจริญมากขึ้น พบว่าบางเซลล์ที่ Upper และ Lower protoderm มีการเจริญเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์หรือกลุ่มเซลล์ที่เป็นขนชนิดส่วนปลายมีต่อม ของชั้นผิวใบ ในการเกิดขนชนิดนี้จากเซลล์ในชั้นผิวนั้น เริ่มจากเห็นเซลล์ผิวมีขนาดใหญ่กว่าเซลล์ในบริเวณใกล้เคียง (ภาพประกอบ 33) ต่อมา มีการแบ่งเซลล์ในแนวขนานกับผิวได้ 2 เซลล์ (ภาพประกอบ 34) แล้วเซลล์นั้นมีการแบ่งเซลล์แบบขนานกับผิวอีกครั้งหรือ 2 ครั้ง ได้เป็น 3 - 4 เซลล์ (ภาพประกอบ 34, 35) เซลล์ล่างสุดเป็นส่วนฐาน เซลล์กลาง ๆ เป็นก้าน เซลล์บนสุดจะพองออกเป็นส่วนตัว (ภาพประกอบ 36) จากนั้นส่วนตัวจะมีการแบ่งเซลล์แบบตั้งฉากกับผิวอีก 3 ครั้ง จนได้ 8 เซลล์ ทำให้ได้ส่วนตัวประกอบด้วย 8 เซลล์ (ภาพประกอบ 37) ในระยะที่เจริญมากขึ้น และพบว่าเซลล์ในชั้น Middle layer ของแผ่นใบ มีการ

แบ่งตัวในแนวขนานกับผิว พบบางเซลล์แบ่ง 2 - 3 ครั้งในเซลล์เดียวกัน (ภาพประกอบ 33) ซึ่งเซลล์ที่ได้จากการแบ่งตัวของ middle layer นี้มีลักษณะเป็นเซลล์ที่ต่อไปจะเจริญเป็นเนื้อเยื่อลำเลียง และบางส่วนเจริญไปเป็นเซลล์ของเนื้อเยื่อชั้นกลางแผ่นใบ (Mesophyll) ดังนั้นในระยะนี้จึงเห็นแผ่นใบบางส่วนประกอบด้วยเซลล์ 6 - 7 แถว ในระยะนี้วัดความยาวของแผ่นใบที่แผ่ออกไปจากเส้นกลางใบได้ด้านละ 70 ไมครอน วัดความหนาของแผ่นใบจากผิวด้านบนไปจรดผิวด้านล่างได้ประมาณ 44 ไมครอน และที่เส้นกลางใบ พบว่าบริเวณส่วนกลาง ๆ ของแนว Procambium มี Protoxylem เริ่มเกิดขึ้นแล้ว เห็น 2 เซลล์เรียงอยู่ในแนวรัศมีเดียวกัน (ภาพประกอบ 38) และเห็นแนว Procambium เป็นรูปโค้งครึ่งวงกลมชัดเจน โดยหันส่วนโค้งไปทางด้าน adaxial นอกจากนี้ยังพบว่า Procambium กลุ่มเล็ก ๆ เกิดขึ้นที่บริเวณสองข้างของ Procambium รูปครึ่งวงกลมข้างละ 1 กลุ่ม (ภาพประกอบ 39) เรียกว่า Accessory bundle (Fahr. 1967 : 277)

ในใบอ่อนระยะที่มีแผ่นใบแผ่ออกใบด้านละ 110 ไมครอน วัดความหนาของแผ่นใบไว้ 61 ไมครอน พบว่าที่ middle layer มีการแบ่งเซลล์ซ้ำ ๆ กัน หลายแนวเป็นกลุ่ม ๆ สังเกตต่อมาพบว่าเซลล์ที่ได้จากการแบ่งตัวที่บริเวณนี้ จะเจริญไปเป็นเนื้อเยื่อลำเลียงของแผ่นใบ เซลล์ในชั้น adaxial layer มีขนาดยาวขึ้นกว่าเซลล์ในชั้นอื่น ๆ

3.2 ใบคู่ที่ 3 ที่เริ่มการเจริญเต็มที่

พบว่า แผ่นใบมีความหนาเพิ่มขึ้นเป็น 80 - 90 ไมครอน วัดความยาวของแผ่นใบที่แผ่ออกไปจากเส้นกลางใบได้ประมาณ 300 - 500 ไมครอน พบว่าเซลล์ในชั้น adaxial layer ยืดยาวขึ้นกว่าเดิม มีลักษณะเป็น young palisade cell (ภาพประกอบ 40) ที่ชั้น middle layer มีเนื้อเยื่อลำเลียง เกิดขึ้นในแผ่นใบเป็นกลุ่ม ๆ ตรวจพบจาก section ด้านละ 2 กลุ่ม กลุ่มที่เกิดก่อนคือกลุ่มที่อยู่ใกล้เส้นกลางใบ ซึ่งสังเกตได้จากลักษณะของไซเลมที่เจริญดีกว่าของอีกกลุ่มหนึ่งที่เกิดทีหลัง ที่ชั้น abaxial layer เซลล์ขนาดใหญ่ขึ้น และเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และเจริญต่อไปเป็น young spongy cell ในระยะนี้พบว่า เส้นกลางใบมีเนื้อเยื่อลำเลียงเจริญดีเห็นเซลล์

ลำเลียงเกิดเป็นแถว ในแต่ละแถวมี Protoxylem อยู่ทางด้าน Adaxial และ Metaxylem อยู่ทางด้าน Abaxial และพบโพลีเอมเกิดขึ้นทางด้าน Abaxial นอกจากนี้ยังพบว่า กลุ่ม Procambium ที่เจริญเป็น Accessory bundle ได้เจริญมากขึ้น บริเวณคอร์เท็กซ์ของเส้นกลางใบทั้งด้าน Adaxial และ Abaxial พบว่า เซลล์ 2 - 3 แถวแรกถัดจากชั้นผิวมีผนังหนาขึ้นเป็นเซลล์คอลเลงคิมา และบริเวณถัดเข้ามาเป็นพาเรงคิมา ระยะนี้วัดความหนาของเส้นกลางใบจากผิวด้าน Adaxial ไปจรดด้าน Abaxial ได้ประมาณ 99 ไมครอน และพบว่ามีขนชนิด ที่ส่วนปลาย มีต่อเกิดขึ้นที่ชั้นผิวของเส้นกลางใบด้วยเช่นกัน

ในใบที่แก่ขึ้นวัดความยาวของแผ่นใบที่แก่กว้างออกไปได้ด้านละ 1,000 - 1,500 ไมครอน วัดความหนาของแผ่นใบในช่วงนี้ได้ 95 - 100 ไมครอน พบว่าที่เซลล์ผิวทั้ง 2 ด้าน มีเซลล์เก็บผลึกที่เจริญดีแล้ว ภายในมีผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตสะสมอยู่ พบก้อนผลึกทั้งใน ด้านแนวตั้งขวาง ซึ่งเห็นเป็นก้อนค่อนข้างกลมผิวขรุขระ และแนวตัดตามยาวซึ่งเห็นก้นยาว ผิวขรุขระ บาง Section พบว่าเกิดเซลล์เก็บผลึก 2 เซลล์ติดกัน และมีขนาดใกล้เคียงกับ Young palisade cell ขยายขนาดยาวมากขึ้นแล้ว ภายในมีเม็ดคลอโรพลาสต์จำนวนมากเป็นทิว วัดความกว้างและยาวของเซลล์เพลิเซดในระยะนี้ได้ประมาณ 8 และ 22 ไมครอน ตามลำดับ บริเวณ Young spongy cell ซึ่งเซลล์มีรูปร่างไม่แน่นอน ภายในมีเม็ดคลอโรพลาสต์มากเหมือนกัน การเรียงตัวของเซลล์เป็นอย่างหลวม ๆ มีช่องว่างระหว่างเซลล์มากกว่าบริเวณอื่น และเนื้อเยื่อลำเลียงในแผ่นใบเจริญดีขึ้นกว่าเดิม

ส่วนประกอบภายในของใบในระยะนี้คล้ายโครงสร้างในใบที่เจริญเต็มที่แล้ว

(ภาพประกอบ 40)

3.3 ใบที่ 5 ที่เจริญเต็มที่

แผ่นใบที่เจริญเต็มที่ตรงข้อที่ 5 มีโครงสร้างดังต่อไปนี้คือ (ภาพประกอบ 41)

จากการตัดตามขวางของแผ่นใบจะเห็นชั้นผิวนอก (Epidermis) ทั้งด้านบนและด้านล่างประกอบด้วยเซลล์ผิว 1 แถว มีรูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีด้านยาวอยู่ในแนวขนานกับผิว และด้านกว้างอยู่ในแนวรัศมี ขนาดของเซลล์ต่างกัน เซลล์ขนาดใหญ่วัดความกว้างและ

ความยาวโดยวัดจากผนังเซลล์ได้ 6.6 และ 61.6 ไมครอน ตามลำดับ เซลล์ชั้นเกิดขึ้น 2 ชนิด คือ ชนิดที่ส่วนปลายมีต่อม (Glandular hair) และชนิดที่เป็นเซลล์เดี่ยว (Unicellular hair) นอกจากนี้เซลล์เก็บเกลือแคลเซียมคาร์บอเนต หรือ Lathocyst เกิดขึ้นที่ผิวทั้งด้านบนและด้านล่างของใบ และรอบปากใบ (Stoma) เกิดขึ้นเฉพาะทางด้านล่างของใบ จึงจัดเป็นใบแบบ Hypostomatic leaf โดยมีเซลล์กุ่ม Guard cells 2 เซลล์ และเซลล์ข้างเคียงเซลล์กุ่ม (Subsidiary cells) 2 เซลล์ เรียงตัวแบบตามขวางกับเซลล์กุ่มโดยรอบปากใบ ซึ่งจัดว่าเป็นการเรียงตัวแบบ Dacytic (ภาพประกอบ 42) และพบว่าเซลล์กุ่มรอบปากใบอยู่ในระดับสูงกว่าเซลล์ผิวทั่วไปเล็กน้อย จึงจัดเป็นแบบ Raised stoma (ภาพประกอบ 43)

ตัดจากชั้นผิวทั้ง 2 ด้าน คือ ชั้นเนื้อเยื่อกลางใบ (Mesophyll) ประกอบด้วย Palisade mesophyll อยู่ใกล้ผิวบนที่ประกอบด้วยเซลล์แทลชีเซต 1 แถว รูปร่างของเซลล์ยาวเรียงตัวเอียงด้านยาวตั้งฉากกับผิว วัดความยาวและความกว้างตามแนวของผนังเซลล์ได้ประมาณ 90 และ 15 ไมครอน ตามลำดับ ภายในมีคลอโรพลาสต์เป็นจำนวนมาก และ Spongy mesophyll อยู่ถัดลงมาทางด้านใกล้ผิวล่างประกอบด้วยเซลล์ที่รูปร่างไม่แน่นอน เซลล์เรียงตัวกันอย่างหลวม ๆ ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเซลล์ขนาดใหญ่ เรียกว่าเซลล์สบันจ์ ภายในมีคลอโรพลาสต์มากเช่นเดียวกันกับในเซลล์แทลชีเซต จากการเรียงตัวของเซลล์แทลชีเซตที่อยู่ใกล้ด้านผิวบน จึงจัดว่าเป็นใบที่มี Adaxial palisade

ในชั้นเนื้อเยื่อกลางใบ (Mesophyll) นี้จะเห็นกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียงหลายกลุ่ม เกิดที่บริเวณ Spongy mesophyll การเรียงตัวของเนื้อเยื่อลำเลียงแต่ละกลุ่มนั้นมีเนื้อเยื่อไซเลมอยู่ทางด้านใกล้ผิวบนโดย Protoxylem อยู่ข้างบน แต่ Metaxylem อยู่ข้างล่าง หรืออยู่ติดกับโกลีเอ็มซึ่งจะอยู่ทางด้านใกล้ผิวล่าง การที่โครงสร้างของใบ โดยเฉพาะ Mesophyll ประกอบด้วยเซลล์ต่างชนิดกันเช่นนี้ จัดเป็นใบชนิด Dorsiventral หรือ Bifacial leaf

เส้นกลางใบ (Midrib) จากการตัดตามขวางของส่วนนี้จะเห็นสังเขปเป็นรูปไข่ ซึ่งทางด้านล่างจะโค้งกว้าง และค่อย ๆ เรียวเป็นโค้งแคบกว่า เมื่อไปถึงด้านบน

(ภาพประกอบ 44) ชนิดและการเรียงตัวของเนื้อเยื่อคล้าย ๆ กันในก้านใบ คือ มีชั้นผิวนอก 1 แถว ประกอบด้วยเซลล์ผิว กลุ่มเซลล์ที่มีขนทั้งแบบที่ส่วปลายมีค้อม และแบบที่เป็นเซลล์เดี่ยว นอกจากนี้ยังพบเซลล์เก็บผลึกแคลเซียมคาร์บอเนต ถัดเข้ามาจะเป็นชั้นคอร์เทกซ์ที่ประกอบด้วยเซลล์คอลเลงคิมาชนิดที่กึ่งหนาตามมุม (Angular collenchyma) ประมาณ 2 - 3 แถวของเซลล์ ถัดเข้ามาเป็นเซลล์พาเรงคิมาประมาณด้านละ 8 แถวของเซลล์ ถัดเข้ามาอีกเป็นบริเวณเนื้อเยื่อลำเลียงอยู่ตรงกลางสุด ลักษณะของกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียงเป็นรูปครึ่งวงกลม มีไปเลมอยู่ทางด้านบนหรือด้านใน ประกอบไปด้วยแถวของเซลล์เวสเซลเรียงเป็นแถวตามแนวตั้ง แถวละ 5 - 7 เซลล์ โดยมี Protoxylem อยู่บนสุด ถัดลงมาเป็น Metaxylem และมีโพลีเอมอยู่ถัดลงไปจาก Metaxylem (ภาพประกอบ 45) และมี Accessory bundle กลุ่มเล็ก ๆ อยู่ที่ด้านข้าง โดยก่อนไปทางด้าน Adaxial ของเนื้อเยื่อลำเลียงใหญ่ของเส้นกลางใบ (ภาพประกอบ 44)

4. กายวิภาคของราก

4.1 กายวิภาคของเนื้อเยื่อเจริญปลายราก

จากการศึกษาปลายรากโดยการตัดตามยาว พบว่าบริเวณปลายสุดของราก คือ หมวกราก (Root cap) ประกอบไปด้วยเซลล์รูปร่างค่อนข้างเป็นเหลี่ยม ภายในมีนิวเคลียสขนาดใหญ่ โขโทพลาซึมค่อนข้างใส เรียงตัวอยู่หลายชั้น ฐานเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายสุดไว้ จนสูงขึ้นมาจากปลายวัดได้ประมาณ 300 - 500 ไมครอน บริเวณเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายสุดจะเห็นเซลล์มีการแบ่งตัวอยู่ตลอดเวลา ส่วนปลายสุดของบริเวณนี้เห็นเซลล์ 3 แถวเป็นเซลล์เริ่มต้น (initial) ของการเจริญเติบโตจากส่วนปลาย (Apical initial) โดยมีการแบ่งตัวให้เซลล์ที่มีการเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงต่อไป (ภาพประกอบ 46) ถัดจากเซลล์ 3 แถวขึ้นไปเป็นช่วงประมาณ 30 - 50 ไมครอน พบว่าเนื้อเยื่อเจริญมีลักษณะเซลล์ค่อนข้างต่างกัน ทำให้เห็นแยกได้เป็น 3 บริเวณ คือ Protoderm เป็นบริเวณผิวประกอบด้วยเซลล์แถวเดียว รูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่เรียงตัวโดยด้านยาวเป็นก้านตั้งฉากกับผิว บริเวณ Procambium เป็นบริเวณที่อยู่ตรงกลางสุด ประกอบด้วยเซลล์

ขนาดเล็กรูปร่างค่อนข้างยาว โดยเรียงตัวเอาด้านยาวขนานกับแกนยาวของราก เนื้อเซลล์ตามแนวขวางรากได้ประมาณ 12 เซลล์ และบริเวณ Ground meristem ซึ่งเป็นบริเวณที่ลักษณะเป็นเนื้อเยื่อชั้น ล้อมรอบ Procambium เซลล์ในบริเวณ Ground meristem มีรูปร่างค่อนข้างเป็นเหลี่ยมที่มีด้านค่อนข้างเท่ากัน นับจำนวนแถวของเซลล์ในแนวรัศมีได้ 11 - 12 แถว ทั้ง 3 บริเวณเรียกว่า เนื้อเยื่อเจริญชนิด Primary meristem บริเวณที่อยู่เหนือ Primary meristem หรืออยู่สูงถัด 50 ไมครอนขึ้นไป จะเริ่มเห็นการเปลี่ยนแปลงเช่น พบว่าเซลล์มีการขยายขนาดขึ้นดังนี้ Protoderm จะมีการขยายขนาดเซลล์แบ่งตัวในแนวตั้งฉากกับผิว ทำให้ผนังเซลล์ด้านยาวจะอยู่ในแนวตั้งฉากกับผิวหรือกับแกนของราก (ภาพประกอบ 46) ส่วนที่บริเวณ Ground meristem เซลล์จะมีการขยายขนาดทางด้านแนวแกนมากกว่าทางด้านแนวตั้งฉากกับแกน ทำให้เซลล์มีรูปร่างยาวขึ้นกว่าเดิม จึงเห็นผนังด้านยาวอยู่ในแนวแกนของราก (ภาพประกอบ 47) และที่บริเวณ Procambium เซลล์มีขนาดยาวกว่าเดิม เพราะยืดยาวมากขึ้น ลักษณะเซลล์บริเวณนี้มีนิวเคลียสขนาดใหญ่ ไซโทพลาซึมเข้มข้นมากกว่าบริเวณอื่น สังเกตได้จากการติดสีย้อมเข้ม ลักษณะที่เห็นโดยทั่วไปในระยะนี้จะเห็นได้ชัดเจนว่าเป็นบริเวณที่มีการยืดยาวของเซลล์

4.2 โครงสร้างและการเจริญเติบโตของรากระยะต่าง ๆ

ศึกษาโครงสร้างและการเจริญเติบโตของรากระยะต่าง ๆ จากการตัดตามขวาง เรียงตามลำดับจากปลายรากขึ้นไป ได้ผลการศึกษาดังนี้

โครงสร้างตรงปลายสุดของรากเป็นเนื้อเยื่อเจริญที่มีลักษณะเซลล์เหมือนกันทั้งหมด เรียกว่า "Promeristem" ถัดจากระยะนี้ขึ้นไปในช่วง 30 - 50 ไมครอน จากปลาย จะเห็นว่าเนื้อเยื่อเจริญมีลักษณะต่างกัน ทำให้แยกได้เป็น 3 บริเวณ เรียกว่า Primary meristem ได้แก่ บริเวณเอกสุด ประกอบด้วยเซลล์ 1 แถว เรียงเป็นแนวโดยรอบ ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์จะเรียงชิดติดกัน รูปร่างเซลล์ในระยะนี้ค่อนข้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีผนังด้านยาวอยู่ในแนวรัศมี เซลล์บริเวณนี้ก็คือ Protoderm ซึ่งในบาง Section อาจมีเซลล์ในชั้นหมวกรากติดมาด้วยเหมือนกัน ได้เข้ามาเป็นบริเวณ Ground meristem ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อชั้น ลักษณะเซลล์เป็นรูปหลายเหลี่ยม นับจำนวนเซลล์ตามแนวรัศมีของรากได้

ประมาณ 7 - 12 แถว เรียงตัวกันค่อนข้างหนาแน่น พบว่าเซลล์ที่ก่อนไปทางด้านในของบริเวณที่มีประมาณแถวที่ 9 - 12 มีการแบ่งเซลล์ในแนวขนานกับผิวหรือในแนวเส้นรอบวง จึงเห็นเซลล์บริเวณที่มีรูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ที่เรียงตัวเอาด้านยาวขนานกับผิวของราก ลักษณะเซลล์ค่อนข้างแคบ ถัดจากเนื้อเยื่อชั้นเข้าไปถึงบริเวณกลาง ๆ รากทั้งหมดคือบริเวณ Procambium เซลล์บริเวณนี้ขนาดค่อนข้างเล็ก มีไซโทพลาซึมเข้มข้น มีนิวเคลียสขนาดใหญ่ ใบจำนวนเซลล์ตามแนวผ่านกลาง ถัดจากขอบหนึ่งไปยังอีกขอบหนึ่งของทั้งบริเวณนี้จะไปประมาณ 12 เซลล์ (ภาพประกอบ 48)

เมื่อรากมีอายุมากขึ้น หรือระยะที่สูงขึ้นมาจากปลายรากประมาณ 1 เซนติเมตร พบว่าเนื้อเยื่อบริเวณต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงไปรากแล้ว ไปได้

ที่บริเวณ Procambium เกิด Protoxylem ขึ้นเป็นกลุ่ม ๆ ประมาณ 2 - 5 กลุ่ม แล้วแต่ขนาดของราก กลุ่มละ 1 - 2 เซลล์ และอาจสังเกตเห็นกลุ่ม Protophloem เกิดสลับกับกลุ่ม Protoxylem ด้วยเช่นกัน รอบนอกของ Procambium จะเห็นเซลล์ค่อนข้างเรียงตัวเป็นแนวเห็นได้ชัดเจน ถ้าสังเกตจากแนวที่อยู่ติดกับ Protoxylem แนวนี้อาจพบจำนวนเซลล์ 1 - 2 แถว เรียกว่า เปริไซเคิล (Pericycle) สำหรับเซลล์อื่น ๆ ที่เหลือใน Procambium ก็ยังคงเป็นเซลล์ที่จะมีการเปลี่ยนแปลงในระยะต่อไป (ภาพประกอบ 49B) ส่วน Ground meristem จะพบว่าเซลล์มีไซโทพลาซึมจางลง และเซลล์มีขนาดใหญ่มากกว่าเดิม และมีการเรียงตัวเป็นระเบียบในแนวรัศมี มีขนาดของเซลล์ไม่เท่ากัน เซลล์ที่อยู่บริเวณนอก ๆ จะมีขนาดใหญ่มากกว่าเซลล์บริเวณใน โดยเฉพาะเซลล์ในสุดของบริเวณนี้มีขนาดเล็กที่สุด ลักษณะเซลล์ของบริเวณนี้จึงมีลักษณะเป็นเซลล์มาแรงก็มา บางครั้งเซลล์ที่อยู่บริเวณใน ๆ อาจเรียงตัวทำให้เกิดช่องว่างขนาดใหญ่ระหว่างเซลล์ ซึ่งต่อไปอาจเป็นช่องอากาศ (ภาพประกอบ 49A) สำหรับบริเวณ Protoderm จะพบว่าเซลล์ยังเรียงโดยรอบเป็น 1 แถวแต่มีขนาดเล็กกว่าเซลล์แถวใน ๆ มากจนเห็นได้ชัด ทั้งนี้เนื่องจากการแบ่งตัวในแนวตั้งฉากกับผิวของเซลล์ในชั้นนี้ เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ทางเส้นรอบวง ลักษณะของเซลล์ก็เปลี่ยนไปมีไซโทพลาซึมจางลงกว่าเดิม (ภาพประกอบ 49A) ระยะนี้จากรากเริ่มมีการเจริญระยะแรก (Primary growth) ซึ่งประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ 3 ชั้น เช่นเดียวกับลำต้น คือ ชั้นผิวนอก ชั้นคอร์เทกซ์ และชั้นสตีล

เมื่อรากเจริญมากขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อบริเวณต่าง ๆ เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะบริเวณ Procambium จะพบว่าเซลล์ที่ยังไม่ได้เปลี่ยนแปลงในระยะที่ผ่านมา จะเปลี่ยนแปลงไปทั้งหมด เกิดเนื้อเยื่อ Metaxylem ขึ้นตรงกลางกลุ่ม และเกิดเนื้อเยื่อ โพลีเอมเพิ่มขึ้นเป็น Metaphloem ทำให้ขอบเขตของโพลีเอมทั้งหมดชัดเจนขึ้นกว่าเดิม รวมทั้งแนวของเวริโซเกิดก็เห็นชัดเจนขึ้น เนื่องจากเนื้อเยื่อไซเลมมีผนังหนาขึ้น จึงสังเกต เห็นแนวเวริโซเกิดได้ง่าย เนื้อเยื่อบริเวณทั้งหมดจัดอยู่ในชั้นสตีล บริเวณที่เคยเป็น Ground meristem ก็พบว่าเซลล์มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเดิมหลายเท่า และสังเกตได้ว่าเซลล์ แถวในสุดของบริเวณนี้มีรูปร่างค่อนข้างรี เรียงตัวกันค่อนข้างเป็นแถวในแนวนอน (ภาพประกอบ 49b) เรียกเซลล์ชั้นนี้ว่า เอนโดเดอร์มิส (Endodermis) และมักพบ ช่องว่างขนาดใหญ่อยู่ทั่วไปในบริเวณนี้ เนื้อเยื่อบริเวณทั้งหมดจัดอยู่ในชั้นคอร์เทกซ์ ส่วนนี้ ผิวพบว่าเซลล์มีขนาดเล็ก และมักมีรูปร่างเสียไป ings จะมึสาเหตุมาจากการถูกเบียด หรือเสียคลี ในระยะนี้จ้กว่ารากมีการเจริญเติบโตในระยะแรก (Primary growth) อย่างสมบูรณ์

เมื่อรากเจริญมากขึ้นเข้าสู่การเจริญระยะที่สองพบว่าแนวของ Vascular cambium เกิดขึ้นระหว่างเนื้อเยื่อไซเลม และเนื้อเยื่อโพลีเอมตรงบริเวณระหว่างฉากของ ไซเลม และ Vascular cambium นี้จะแบ่งตัวให้เซลล์ที่ต่อไปจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ ทางด้านในของแนวทั้งหมด ในระยะแรก ๆ ตรวจไม่พบการเปลี่ยนแปลงมากนัก (ภาพประกอบ 50) เมื่อรากเจริญมากขึ้นจึงเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนว่า เนื้อเยื่อ ลำเลียงที่เกิดขึ้นใหม่ในระยะที่สอง (Secondary vascular tissue) ทั้งไซเลมและ โพลีเอม เกิดอยู่ทางด้านในทั้งหมดของแนวแคมเบียม โดยมีโพลีเอมกลุ่มขนาดเล็ก ๆ กลุ่มละ 5 - 6 เซลล์ แทรกอยู่ในเนื้อเยื่อไซเลมซึ่งเป็นเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นมากกว่า จึงมีลักษณะ เป็น Included phloem ส่วนโพลีเอมที่เกิดในขั้นตอนการเจริญเติบโตระยะแรกก็ยังคงอยู่ นอกแนวแคมเบียม จัดว่าเป็นการเจริญเติบโตระยะที่สองที่ผิดไปจากแบบแผนที่กำหนดไว้ ถือเป็น Anomalous growth (ภาพประกอบ 51)

ในรากที่แก่มาก ๆ หรือรากบริเวณใกล้โคนราก พบว่าเซลล์ในบริเวณชั้นคอร์เทกซ์ที่อยู่ถัดจากกาวลงมาประมาณแถวที่ 2 - 3 เริ่มมีการแบ่งตัวในแนวขนานกับผิว ทำให้เกิดแนวของคอร์กแคมเบียม (Cork cambium) ขึ้นในบริเวณนี้ (ภาพประกอบ 52A) เมื่อรากแก่มากขึ้น จึงพบเพริเดิร์ม (Periderm) เกิดขึ้นทำหน้าที่แทนชั้นผิวเดิม แต่พบว่าคอร์ก (cork cell) จะปรากฏให้เห็นเพียง 2 - 3 แถวเท่านั้น และคาดว่าคอร์กแคมเบียมไม่ได้แบ่งตัวสร้างเนื้อเยื่อคอร์เทกซ์ให้เพิ่มขึ้น เพราะยังเห็นชั้นคอร์เทกซ์ประกอบด้วยจำนวนเซลล์ดั้งเดิม เนื้อเยื่อลำเลียงเกิดมากขึ้น (ภาพประกอบ 51) และสังเกต Included phloem ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น สำหรับโกลเอ็มที่เกิดจากการเจริญเติบโตระยะแรก ในขณะนั้นถูกเบียดหายไป เนื้อเยื่อไซเลม ประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด และเซลล์เวสเซลเรียงตัวอยู่ในแนวรัศมีสลับกับพาเรงคิมาที่มีผนังหนา และเซลล์ไฟเบอร์เช่นเดียวกับในลำต้น

ในระยะนี้จึงจัดว่ารากมีการเจริญเติบโตระยะที่สอง (Secondary growth) อย่างสมบูรณ์

5. กายวิภาคและการเจริญเติบโตของหนาม

จากการตัดปลายยอดตามยาวพบว่ามีปุ่มตาหนาม (Thorn primordium) เริ่มเกิดที่บริเวณซอกใบที่ 2 โดยมีตากิ่ง (axillary bud) อยู่ด้านในของซอกใบหรือด้านใกล้ลำต้น ส่วนปุ่มตาหนามจะอยู่ด้านไกลใบ (ภาพประกอบ 53) เนื่องจากปุ่มตากิ่งเกิดก่อน จึงเห็นว่าตากิ่งมีขนาดสูงกว่าเล็กน้อย มีเนื้อเยื่อลำเลียงแยกจากลำต้น มาเลี้ยงปุ่มตาหนามเช่นเดียวกับที่แยกไปเลี้ยงตากิ่ง รูปร่างลักษณะของปุ่มตาหนาม คล้ายกับรูปร่างลักษณะของปุ่มตากิ่ง โดยมีเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดที่มีรูปร่างโค้งงอแบบรูปโดม และเซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย เรียงตัวแบบทิวิกาและคอร์รัส พบเซลล์แบ่งตัวในแนวตั้งฉากกับผิวที่บริเวณแถวนอกสุดของทิวิกา (ภาพประกอบ 53) และพบเซลล์ในแถวที่ 2 แบ่งตัวในแนวขนานกับผิว (ภาพประกอบ 53) ซึ่งแสดงว่ามีทิวิกา 1 แถว และพบว่า บริเวณขอบความโค้งของเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดของปุ่มตาหนามยืดยาวขึ้น มีลักษณะเป็นปุ่มเหมือนปุ่มใบ

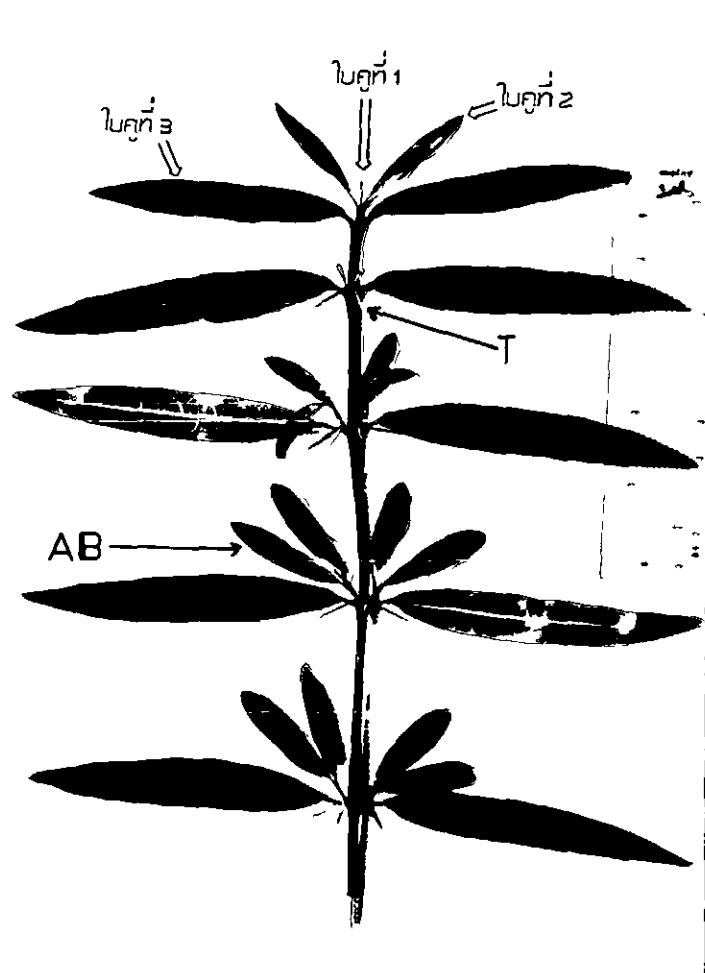
เรียกว่า ปุ่มหนาม (Thorn primordium) (ภาพประกอบ 54) เนื้อเยื่อ Procambium เจริญแยกจากลำต้นไปยังแกนของตาหนาม และไปเลี้ยงปุ่มหนามตามลำต้น ทำนองเดียวกับที่แยกจากลำต้นไปเลี้ยงกาบกิ่ง และเลี้ยงใบ ที่ตากิ่ง เมื่อมีการแบ่งตัว เจริญเติบโตมากขึ้น ปุ่มนี้จะยืดยาวขึ้นอีก ในบาง section พบว่าประกอบด้วยหนาม 2 คู่ (ภาพประกอบ 55) จากการตัดตามยาวผ่านบริเวณข้อที่ 3 และ 4 จะพบว่ามีอาการเจริญถึงระยะตาหนาม (Thorn bud) แล้ว เนื่องจากมีปุ่มใบหรือใบอ่อนเกิดขึ้นจากเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดนี้ และตากิ่งก็มีการเจริญสูงมาเร็วกว่าเดิม (ภาพประกอบ 56)

จากการตัด section ตามขวางผ่านบริเวณปุ่มใบหรือปุ่มหนามของตาหนาม พบว่า มีลักษณะเป็นรูปครึ่งวงกลม (ภาพประกอบ 57) ที่มีเนื้อเยื่อแบ่งออกเป็น 3 บริเวณ กลายเป็นปุ่มใบ คือ Protoderm บริเวณนอกสุดประกอบด้วยเซลล์ 1 แถวเรียงต่อเนื่องกัน รอบ section บริเวณภายใน เป็นเซลล์ขนาดเล็ก ๆ เรียงกันอยู่เป็นกลุ่ม เซลล์บริเวณนี้เรียกว่า Procambium บริเวณที่เหลือ 1 - 2 แถว เป็นเซลล์ขนาดใหญ่ เรียกว่า บริเวณ Ground meristem เมื่อตัดตามขวางของปุ่มหนาม ของตาหนามที่เจริญมากขึ้น พบว่า ที่บริเวณขอบทั้งสองข้างตรงทางด้าน Adaxial มีเนื้อเยื่อเจริญที่เรียกว่า Marginal meristem เกิดขึ้น (ภาพประกอบ 58) จึงมีการเจริญต่อไปทำให้เนื้อเยื่อ บริเวณของทั้งสองข้างที่ยื่นยาวออกไป มีลักษณะคล้ายแผ่นใบอ่อนของปุ่มใบที่ตากิ่งหรือของปลายยอด (ภาพประกอบ 59) และเมื่อผ่านนี้มีการเจริญแบ่งตัวมากขึ้น จะพบเซลล์บริเวณนี้ เรียงตัวเป็น 5 แถว และระยะที่เป็น 6 - 7 แถว ตามลำต้น โดยเซลล์แถวแรกตรงส่วนปลาย แบ่งตัวในแนวตั้งฉากกับผิว (ภาพประกอบ 59) บริเวณชั้นกลาง ๆ เซลล์จะแบ่งตัวในแนวขนานกับผิว (ภาพประกอบ 59) จากการแบ่งเซลล์ และเจริญเติบโตของเซลล์ทำให้ปุ่มนี้มีความหนาขึ้น จนในที่สุดรับจำนวนเซลล์ได้ 6 - 7 แถว แต่ยังไม่เริ่มความยาวหรือไม่ยืดยาวจากแกน ที่คล้ายเส้นกลางใบ ในระยะนี้จะพบว่ามี Protoxylem เกิดขึ้นทางด้าน Abaxial ของส่วนที่คล้ายเส้นกลางใบ โดยเกิดเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 1 เซลล์ กระจายเป็นแนวโค้งตามแนว Procambium และที่เหลือเป็นเซลล์คล้าย โพลีเอม และในบาง section พบว่า มีกลุ่มเซลล์ลักษณะเป็น Procambium เกิดขึ้นที่บริเวณใกล้ ๆ

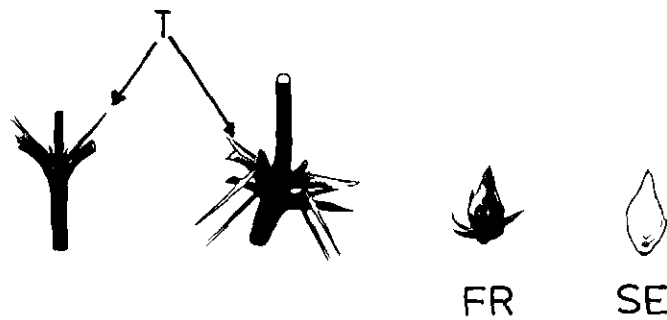
ส่วนที่ยื่นออกไป คล้ายแผ่นใบ แต่ส่วนที่เป็นแผ่นใบไม่ได้ยื่นยาวออกไปกว่าเดิม ปุ่มใบนี้จะมีลักษณะเหมือนใบที่ลู่รอบ เรียกว่า หนาม (Thorn) กลุ่ม Procambium มีลักษณะคล้ายจะเป็น Accessory bundle ในเส้นกลางใบ (ภาพประกอบ 60)

ในระยะนี้ที่ขึ้นผิวของหนาม ประกอบด้วยเซลล์ผิว 1 แถว บางเซลล์มีการเจริญเปลี่ยนแปลงไปเป็นขนชนิดที่ปลายมีตุ่ม ที่ขึ้นคอร์เทกซ์ ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา ประมาณ 4 - 5 แถว ที่บริเวณกลาง ๆ ประกอบด้วยเนื้อเยื่อลำเลียงและเซลล์พาเรงคิมา ประมาณ 10 - 13 แถว และมีขนาดเซลล์ใหญ่กว่า ตรงบริเวณคอร์เทกซ์ (ภาพประกอบ 61, 62)

จากการแกะหนามที่เจริญเต็มที่ หรือแข็งมาก ๆ จากข้อที่ 8 และข้อที่ 9 พบว่ามีโครงสร้างดังต่อไปนี้คือ ขึ้นผิวยังคงประกอบด้วยเซลล์ผิว 1 ชั้น ลักษณะเซลล์มีผนังหนามากขึ้น ภายในเซลล์มีสารสีน้ำตาลบรรจุอยู่ ที่ขึ้นคอร์เทกซ์บริเวณนอก ยังคงเป็นพาเรงคิมาผนังเซลล์บาง ตรงบริเวณที่เป็นเนื้อเยื่อลำเลียง พบเซลล์ที่คล้ายโกลีเอ็มมีผนังหนาขึ้นมากจนมีลักษณะเป็นเซลล์ไฟเบอร์ ส่วน Protoxylem ยังคงปรากฏอยู่ที่บริเวณเนื้อเยื่อลำเลียง พบว่าไม่มีเนื้อเยื่อลำเลียงเกิดขึ้นในด้าน Adaxial เลย พบแต่ที่ด้าน Abaxial เหมือนในหนามที่เพิ่งเจริญเต็มที่ และเซลล์พาเรงคิมา ที่บริเวณผิว ปรากฏว่ามีผนังหนาขึ้นเป็น Secondary wall (ภาพประกอบ 63) จากโครงสร้างเหล่านี้แสดงว่า หนามที่เจริญเต็มที่ ก็คือส่วนเส้นกลางใบที่เกิดจากการลดรูปของแผ่นใบ ซึ่งเกิดจากเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดของตาหนาม



ภาพประกอบ 1 กิ่งแสดงทั้งหมดแสดง ใบคู่ต่าง ๆ ที่เรียงตัวแบบ opposite decussate ใบที่เจริญเต็มที่ มีรูปร่างแบบใบหอก ขอบใบเรียบ ผิวใบเรียบเป็นมัน เส้นกลางใบและเส้นใบด้านบนมีสีเข้มอมชมพู แต่ด้านล่างมีสีเขียวอ่อน ก้านใบมีสีน้ำตาลปนเขียว ที่ดอกใบมีค้ำข้าง (AB) และ ทนวม (T) ขยาย $\frac{1}{3}$ เท่า



ภาพประกอบ 2 กิ่งเสลดพังพอน

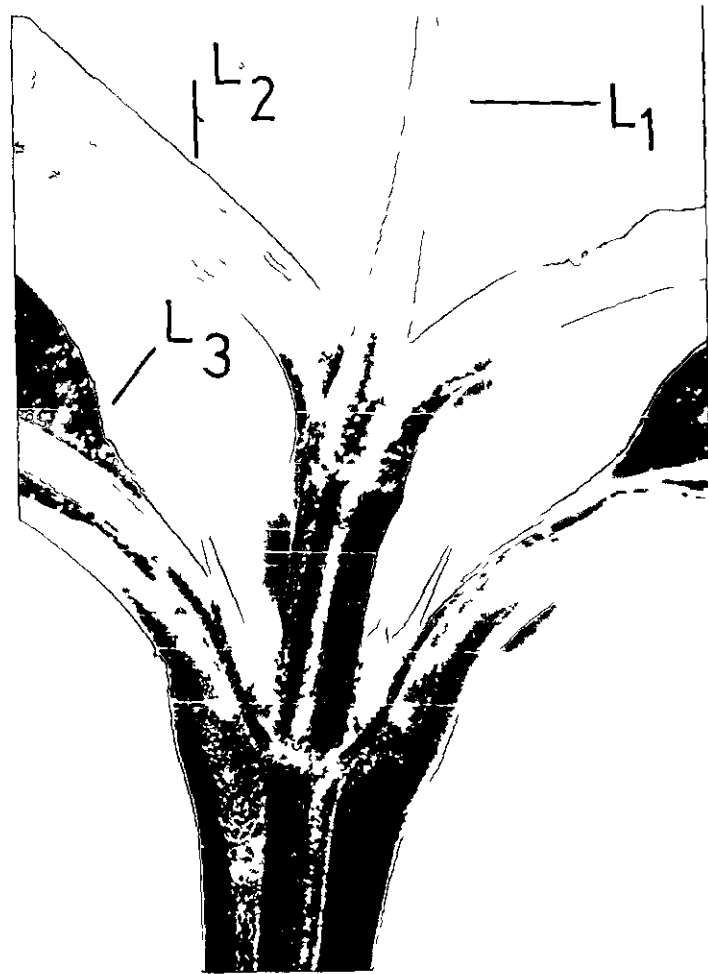
แสดงช่อดอกแบบ Raceme (FL)

แสดงท่อน้ำที่เชื่อมของลำต้น (T)

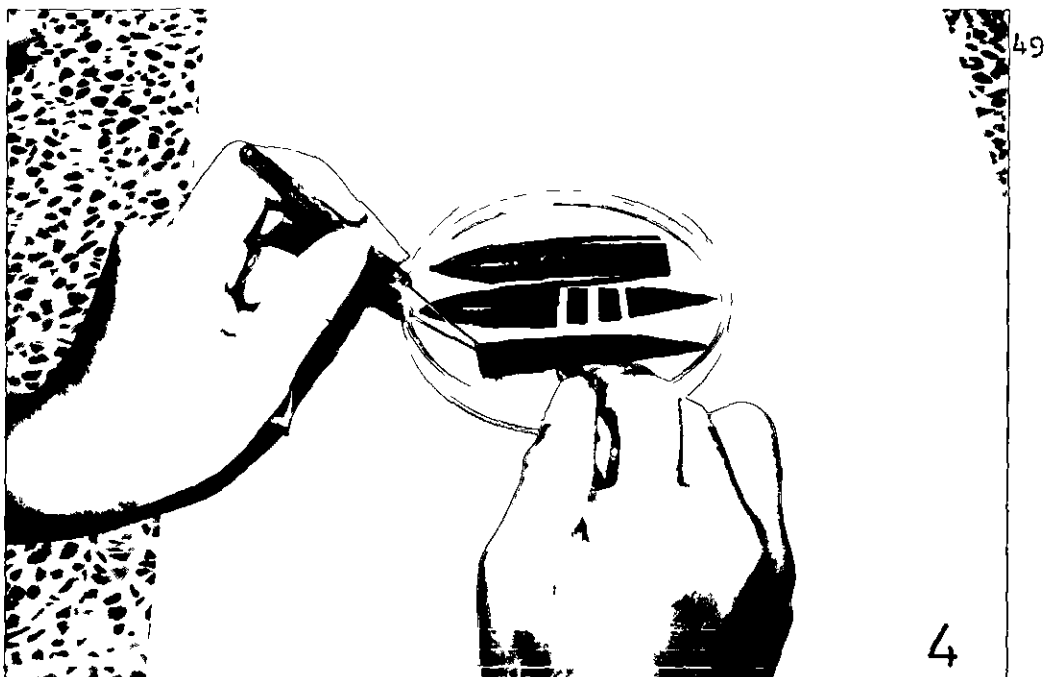
ผลเป็นฝัก (FR) รูปรียาวรี โคนฝักกว้างและมน

ปลานฝักเขียวแฉก และเมล็ดที่อยู่ภายใน (SE)

ขยาย $\frac{1}{2}$ เท่า



ภาพประกอบ 3 กิ่งเสลดทั้งท่อนขยายใหญ่ แสดงส่วนต่าง ๆ ได้แก่
 ใบอ่อนที่ยังไม่คลี่ หรือใบคู่ที่ 1 (L_1) ใบที่เริ่มเจริญเต็มที่
 หรือใบคู่ที่ 2 (L_2) ใบคู่ที่ 3 (L_3) กากิ่ง (AB)
 และ หนาม (T) (x 33)



4



ภาพประกอบ 4 แผ่นใบ แสดงการตัดเป็นแผ่นย่อย

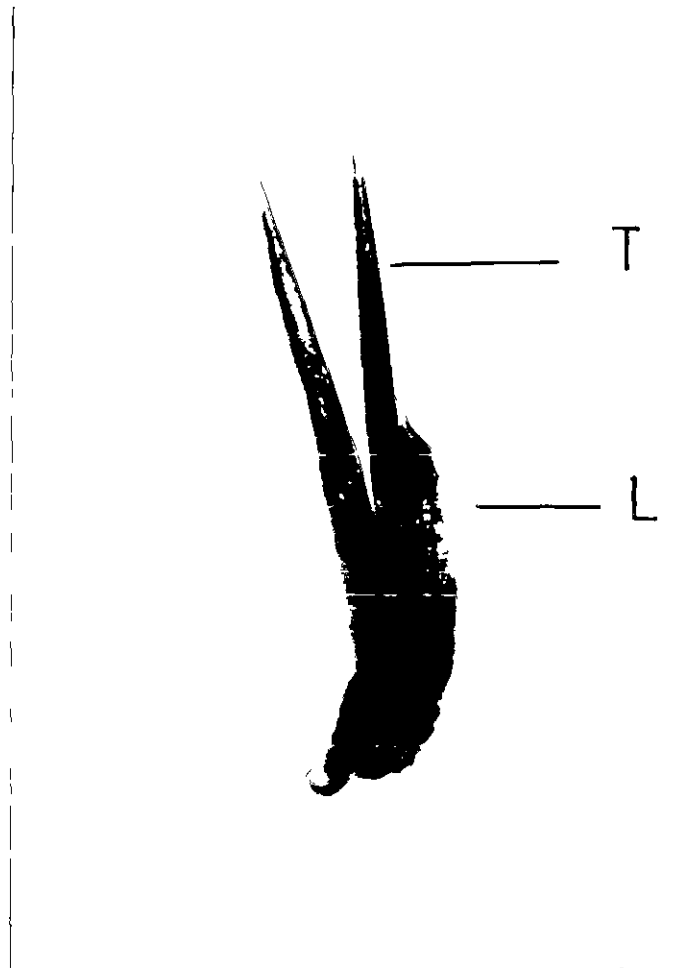
ขยาย $\frac{1}{3}$ เท่า

ภาพประกอบ 5 ราก แสดงการตัดรากเป็นท่อน เรียงลำดับการเจริญ จาก

ปลายราก (RA_1) ถัดปลายราก (RA_2) กลางเส้นราก (RA_3)

และรากเก่า (RA_4)

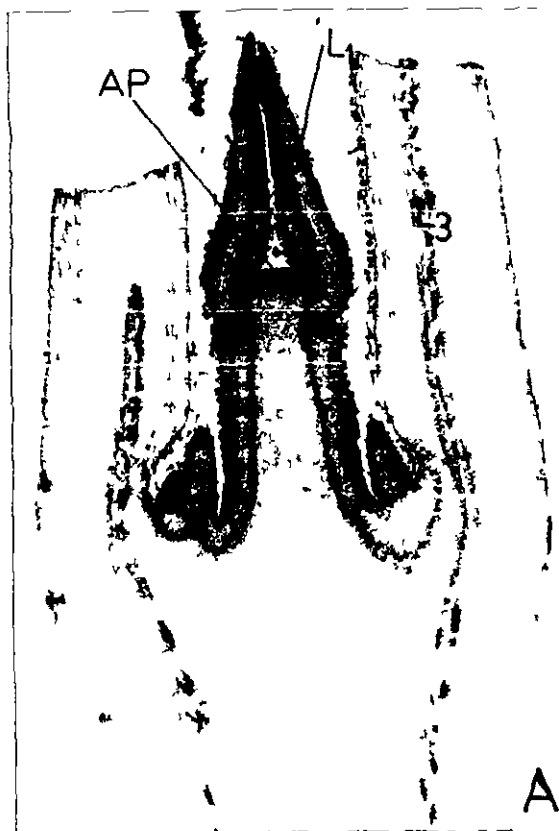
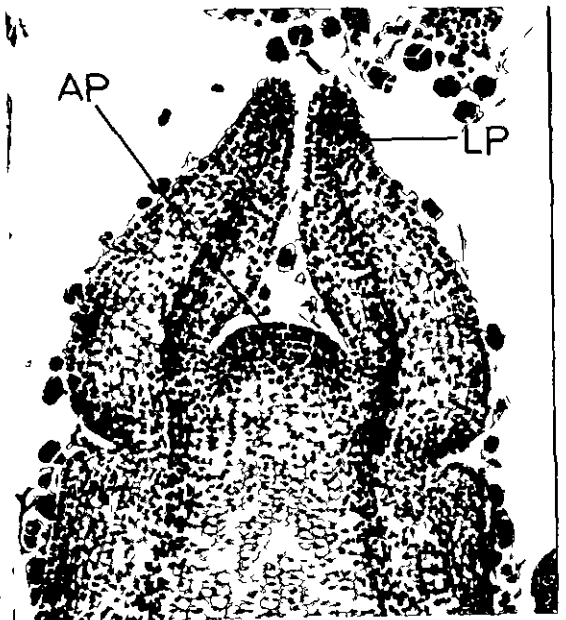
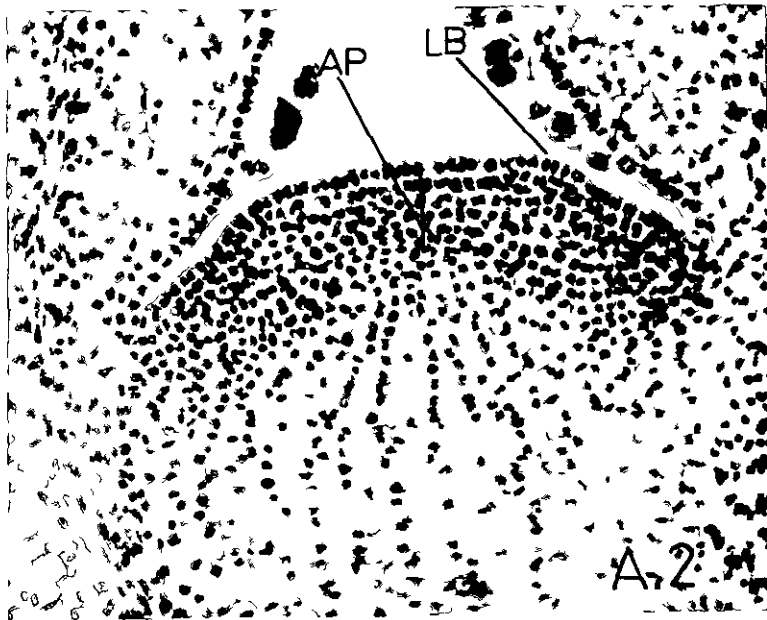
ขยาย $\frac{1}{2}$ เท่า



ภาพประกอบ 6 ตาหนามและตาทิ้ง จากชอกใบคู่ที่ 5

แสดง หนาม (T) ใบอ่อนของตาทิ้ง (L)

(x 33)

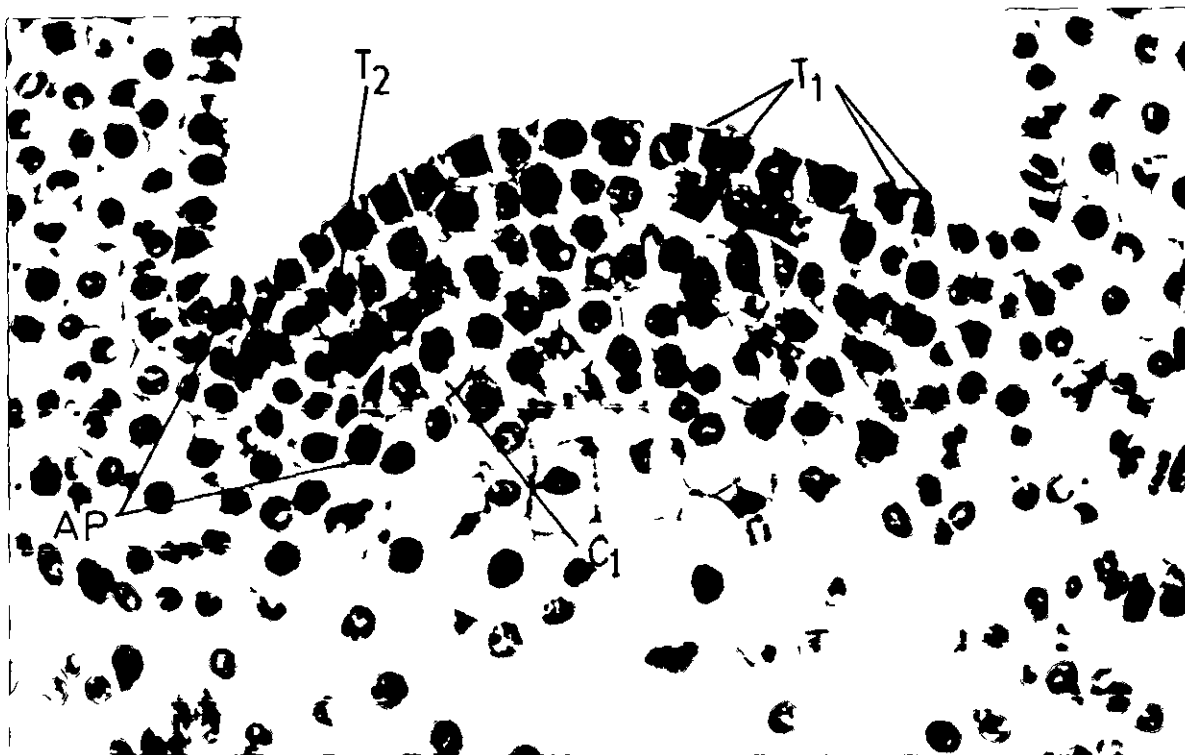


ภาพประกอบ 7 ปลายยอดตัดผ่านกลางตามยาว

A.1 แสดง Apical meristem (AP), Leaf buttress (LB)
ใบคู่ที่ 1 (L_1) และใบคู่ที่ 3 (L_3) (x 50)

A.2 เป็นภาพขยายของ A.1 (x 500)

B.1 แสดง Apical meristem (AP), Leaf primordium (LP)
และใบคู่ที่ 2 (L_2) (x 50)



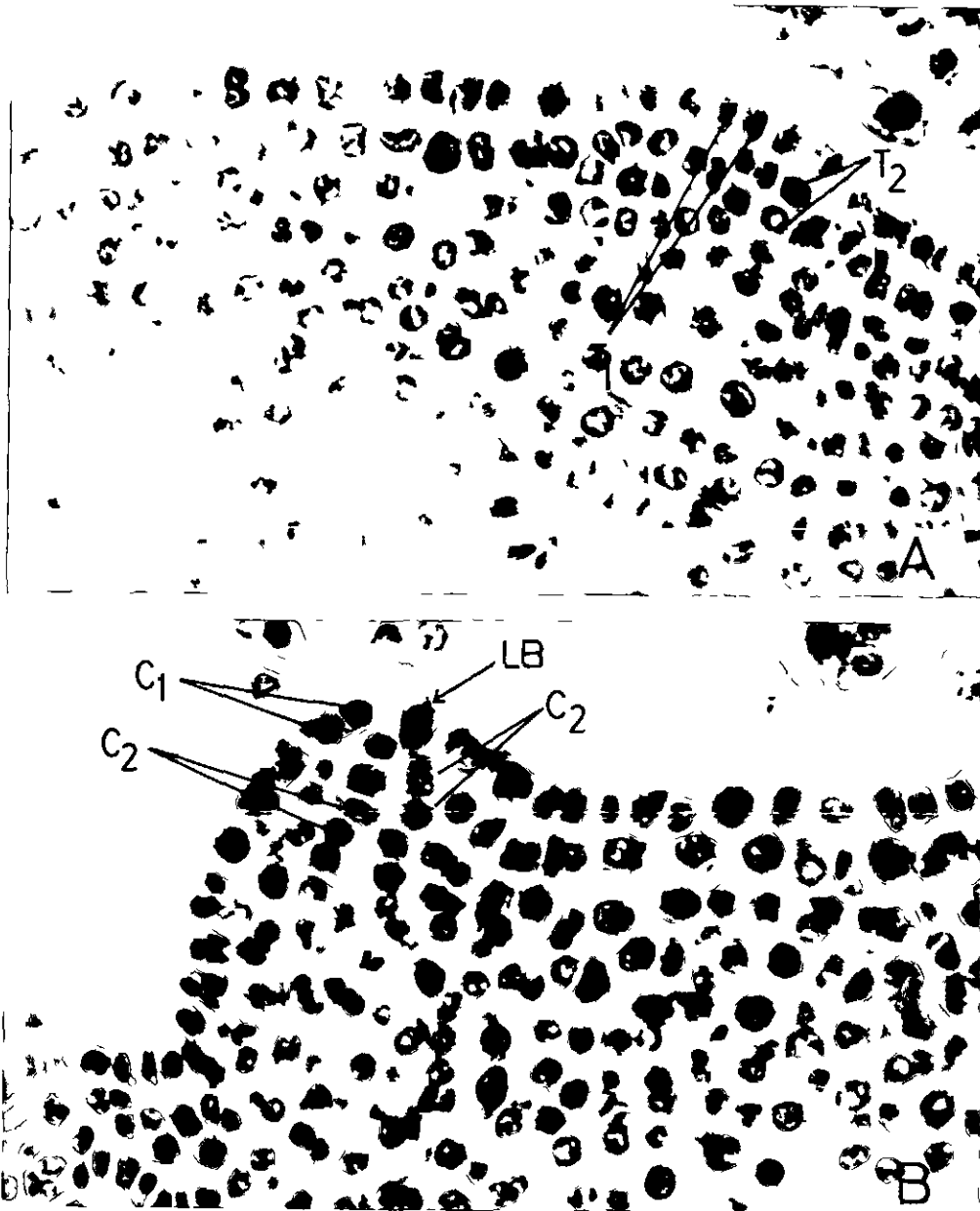
ภาพประกอบ 8 ปลายยอดตัดผ่านกลางต. เมยาว ผ่านเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด

แสดง Apical meristem (AP),

Tunica (T), เซลล์ทูนิกาแบ่งตัวกึ่งจากกับผิว (T_1 , T_2),

Corpus (C), เซลล์คอร์ปัสกำลังแบ่งตัว (C_1)

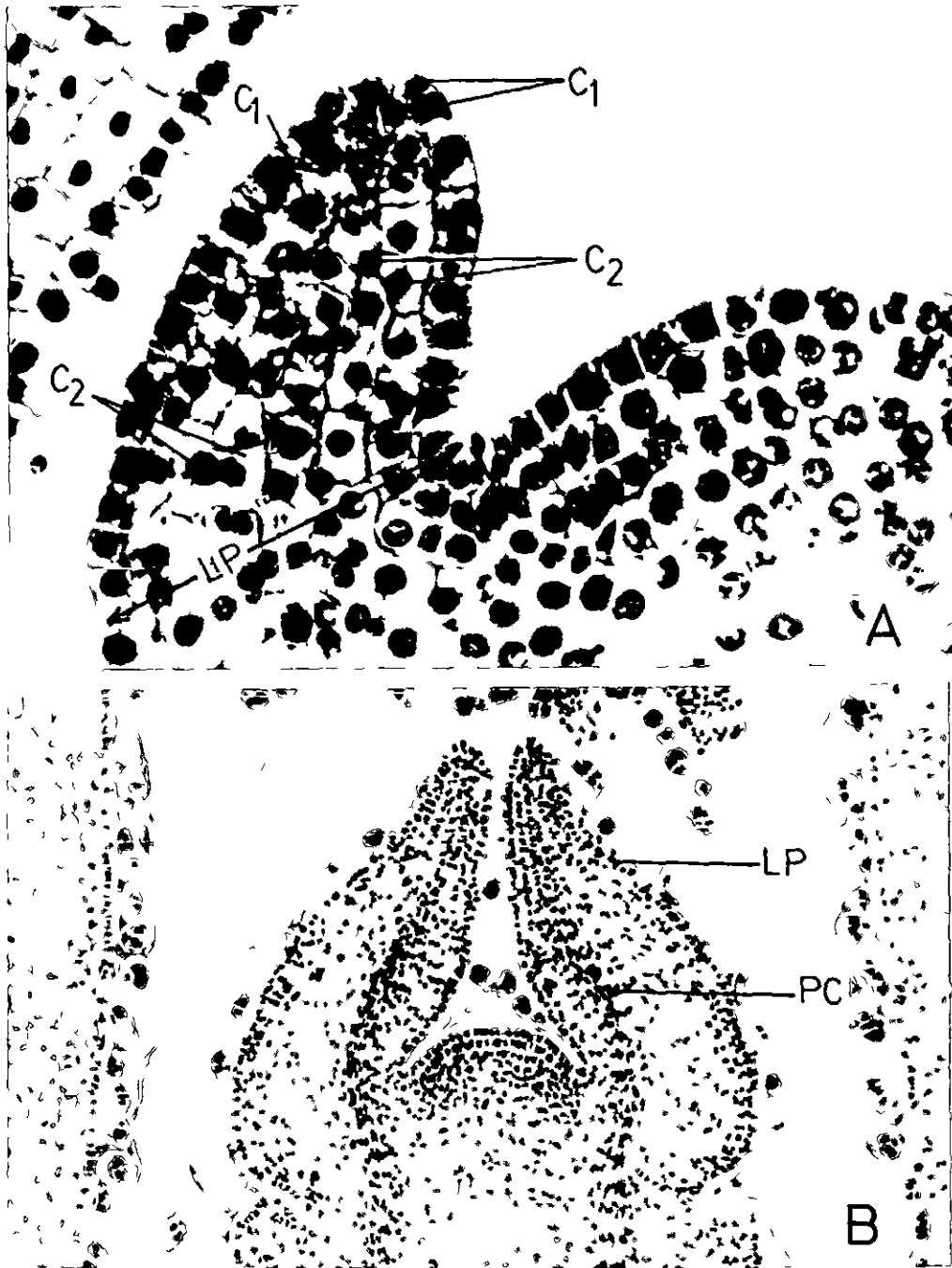
(x 1320)



ภาพประกอบ 9 บลายยอกตัดผ่านกลางตามยาว ผ่านเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด

A แสดงเซลล์ทิวิกาแถวแรก (T_1) ทรงขอบความโค้งแบ่งตัวตั้งฉากกับผิว, เซลล์แถวที่สอง (T_2) แบ่งตัวขนานกับผิว (x 1600)

B แสดง Leaf buttress (LB) ที่เซลล์แถวแรก (C_1) แบ่งตัวแบบตั้งฉากกับผิว และเซลล์แถวใน (C_2) แบ่งตัวหลายแนว (x 1600)



ภาพประกอบ 10 ปลายเป็นยอดตัดผ่านกลางตามยาว ผ่านปุ่มใบ (Leaf primordium)

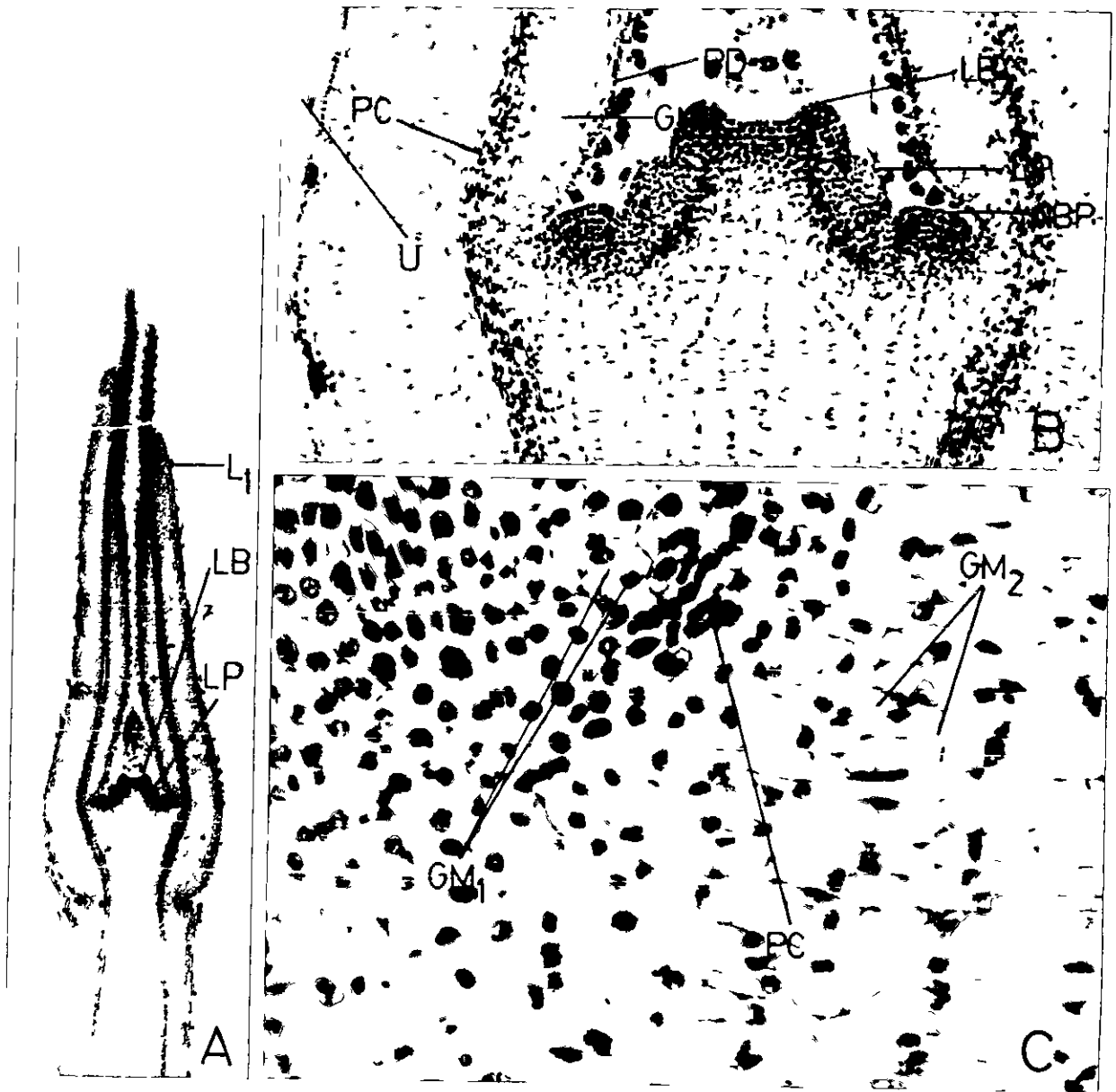
A แสดง Leaf primordium (LP) ที่มีเซลล์แบ่งตัวเพื่อเพิ่มความสูง (C_1) และเพื่อเพิ่มความหนา (C_2)

(x 1320)

B แสดง Leaf primordium (LP) ที่สูงขึ้นกว่าเดิม

และ Procambium (PC) ที่ต่อเนื่องระหว่างลำต้นและปุ่มใบ

(x 330)

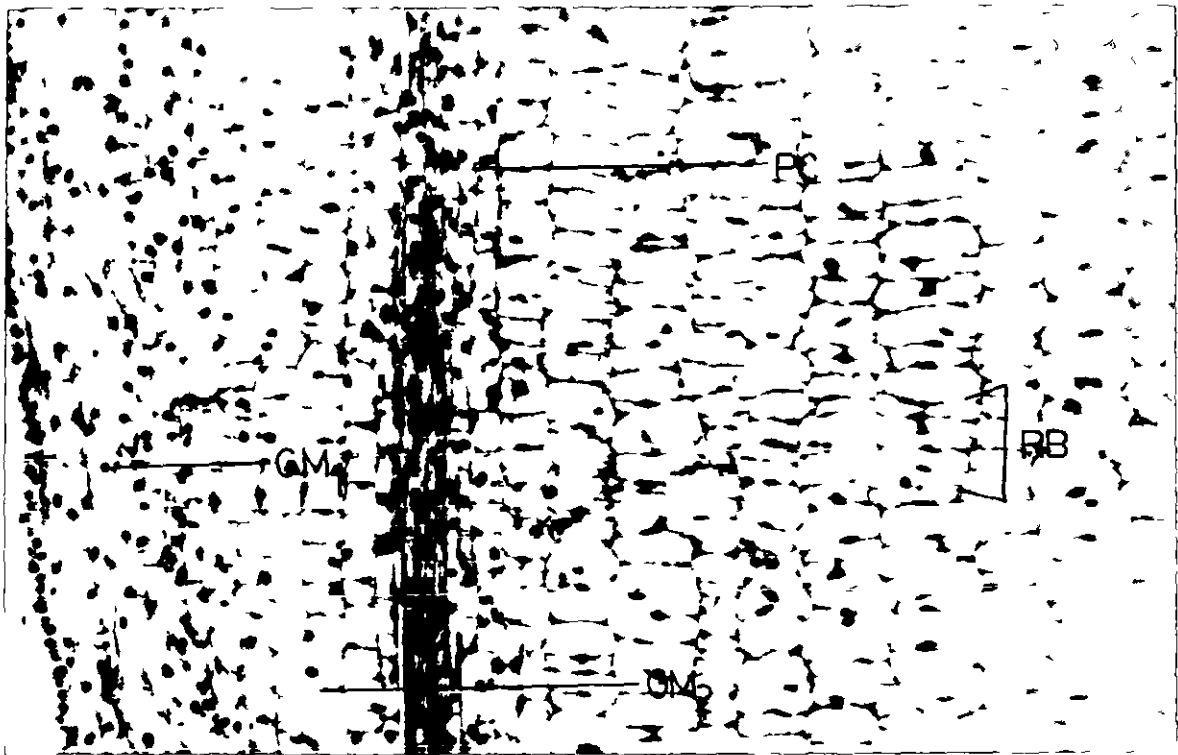


ภาพประกอบ 11 ปลายยอดตัดผ่านกลางตามยาว ผ่านบริเวณข้อที่ 1

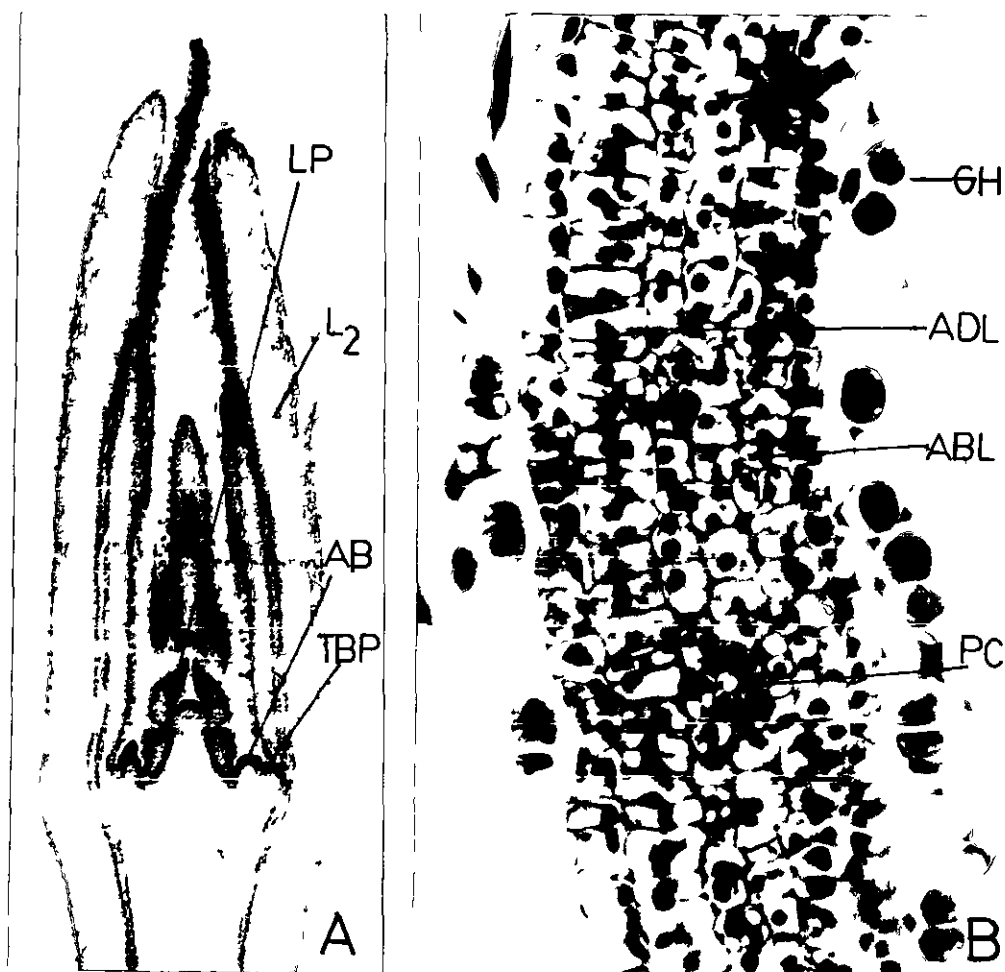
A แสดง Leaf buttress (LB) โคนของ Leaf primordium (LP) และใบคู่ที่ 1 (L_1) (X 100)

B ภาพขยายของ A แสดง Leaf buttress (LB) โคนของ Leaf primordium (LP), Axillary bud primordium (ABP) Protoderm (PD), Ground meristem (GM) และ Procambium (PC) ของใบ , Unicellular hair (U) (X 250)

C ภาพขยายของ B บริเวณข้อที่ 1 แสดง Procambium (PC) Ground meristem บริเวณนอกที่แบ่งขนานกับผิว (GM_1) และบริเวณใน ที่แบ่งตัวตั้งฉากกับแกนยาว (GM_2) (X 1320)



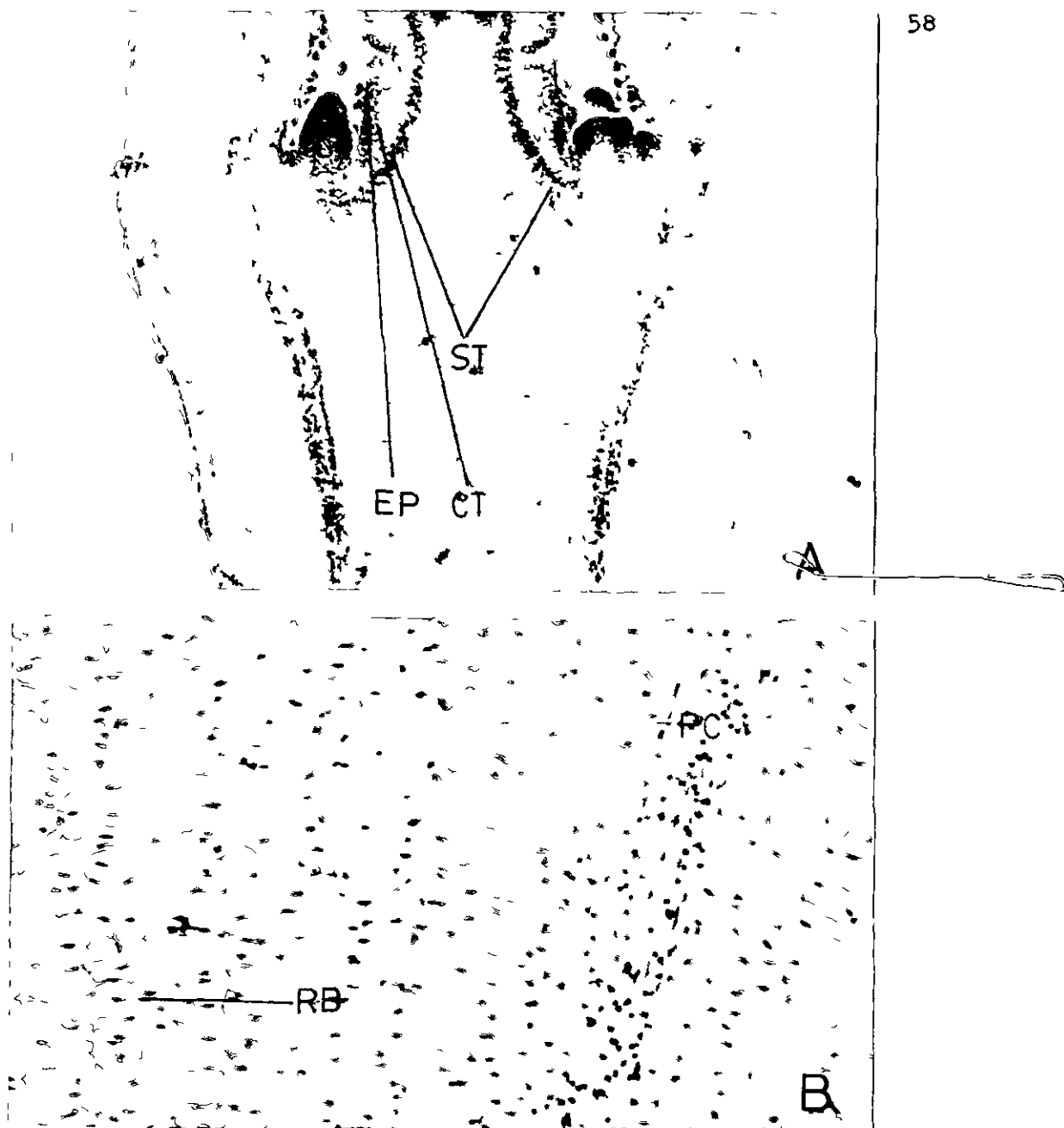
ภาพประกอบ 12 บลายยอดตัดผ่านกลางตามยาว ผ่านบริเวณปล้องที่ 1 แสดง
 Procambium (PC) ที่ยืดยาว Ground meristem บริเวณ
 ถัดผิวที่มีเซลล์ขนาดยาว (GM_1) และเซลล์ขนาดเท่ากัน (GM_2)
 และ Rib meristem (RB) บริเวณกลาง ๆ (x 500)



ภาพประกอบ 13 ปลายยอดตัดผ่านกลางตามยาว ผ่านบริเวณข้อที่ 2

A แสดง Leaf primordium (LP) ใบคู่ที่ 2 (L_2)
ที่มี Axillary bud (AB) ที่ซอกใบ, Thorn bud
primordium (TBP) (x 10)

B ภาพขยายใบคู่ที่ 2, แสดงชั้นเนื้อที่ส่วนหัวมีค่อม (GH)
Adaxial layer (ADL), Abaxial layer (ABL)
และ Procambium (PC) (x 1000)



ภาพประกอบ 14 ปลายทอดตัดผ่านกลางตามยาว ผ่านบริเวณข้อที่ 2

A แสดงชั้นผิวนอก (EP) ชั้นคอร์เทกซ์ (CT)

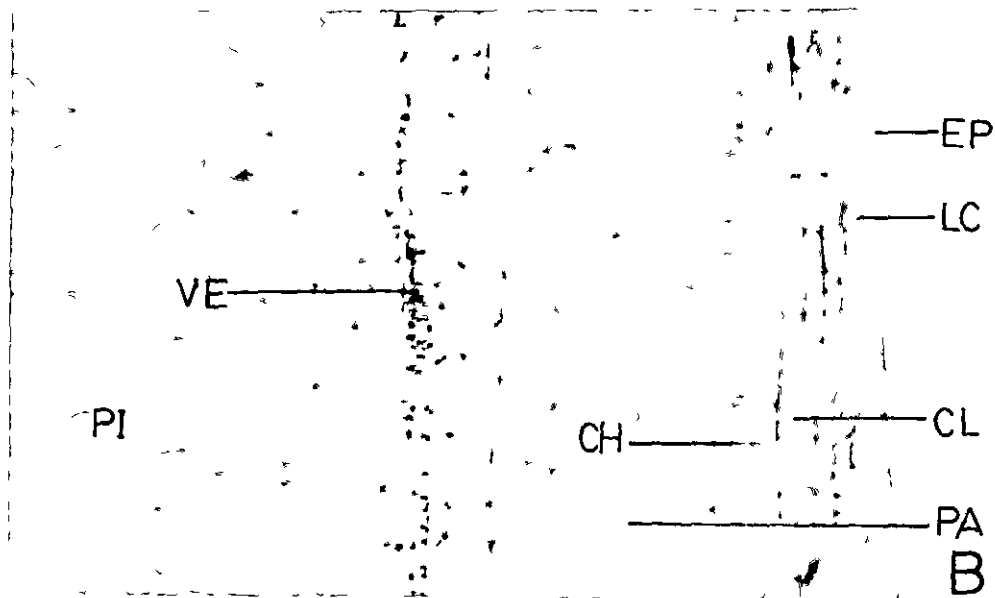
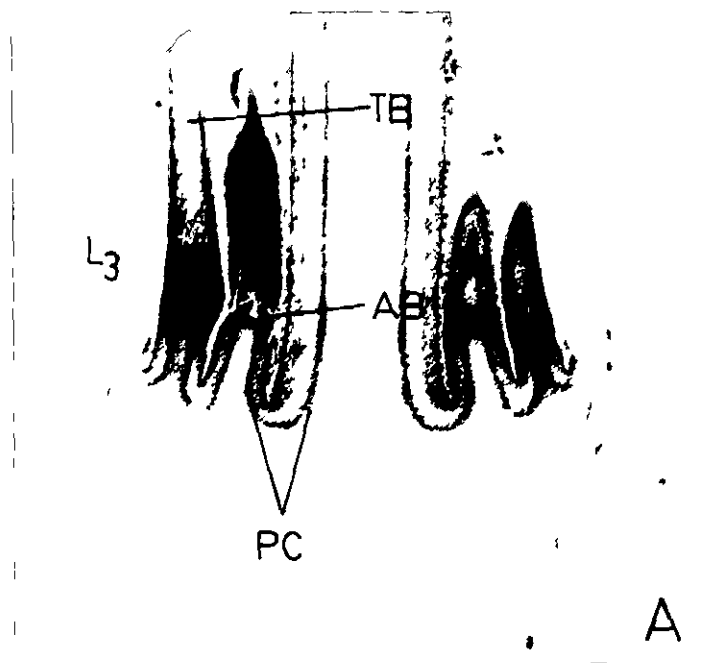
และชั้นสตีล (ST)

(X 1320)

B แสดงเซลล์ยาวใน Procambium (PC) และ

Rib meristem (RB) ในชั้นสตีล

(X 400)



ภาพประกอบ 15 ปลายยอดตัดผ่านกลางตามยาว ผ่านบริเวณข้อที่ 3

A แสดง Axillary bud (AB) และ Thorn bud (TB)

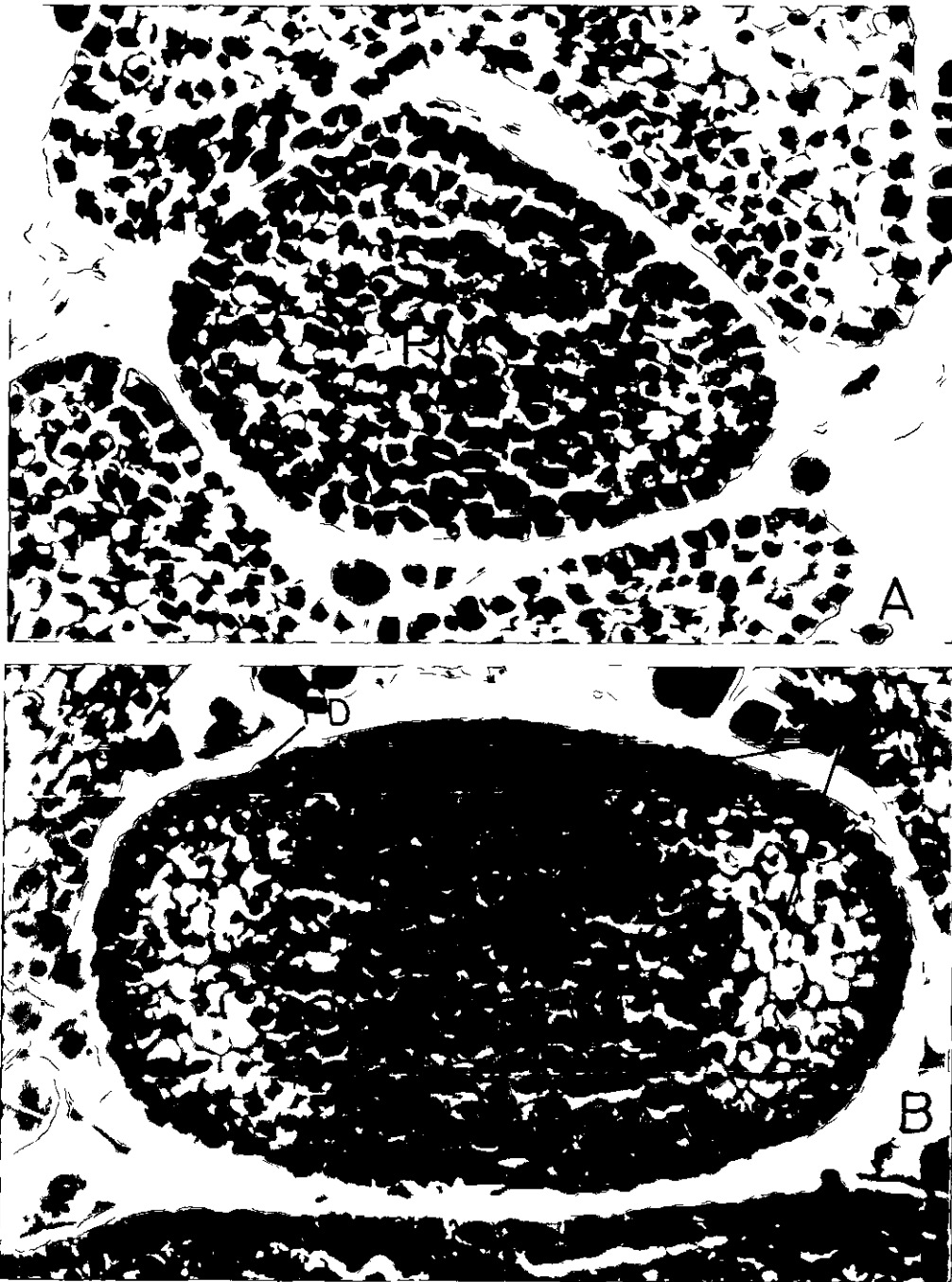
ที่ข้อใบที่ 3 (L_3), Procambium (PC) (X 50)

B ภาพขยายของ A, แสดงชั้นผิวนอกที่ประกอบด้วยเซลล์ 2 - 3 แถว

(EP), เซลล์เก็บผลึกที่ผิวชั้นนอก (LC), Collenchyma (CL),

Chlorenchyma (CH), Parenchyma (PA), Procambium (PC)

ที่มีเซลล์ลำเลียง VE

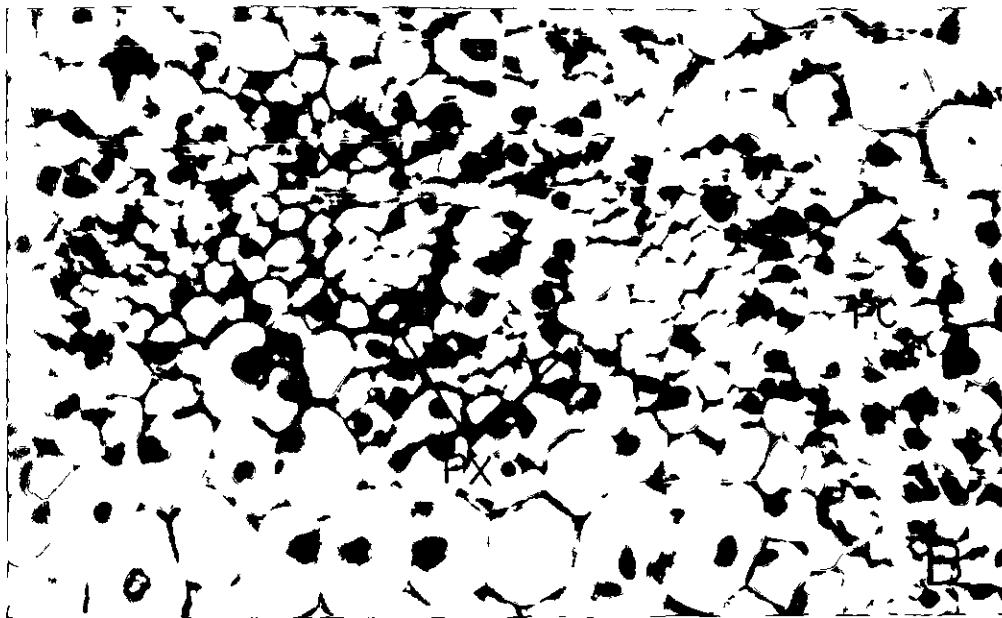


ภาพประกอบ 16 ปลายยอดตัดตามยาว ผ่านเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด

A แสดง Promeristem (PM) ที่เหนือข้อปลาน้ำใบ (x 1000)

B แสดง Protoderm (PD), Ground meristem (GM)

และ Procambium (PC) ที่บริเวณข้อของปลาน้ำใบ (x 400)



ภาพประกอบ 17 ลำต้นปล้องที่ 1 ตัดตามขวาง

A แสดง Protoderm (PD), Ground meristem

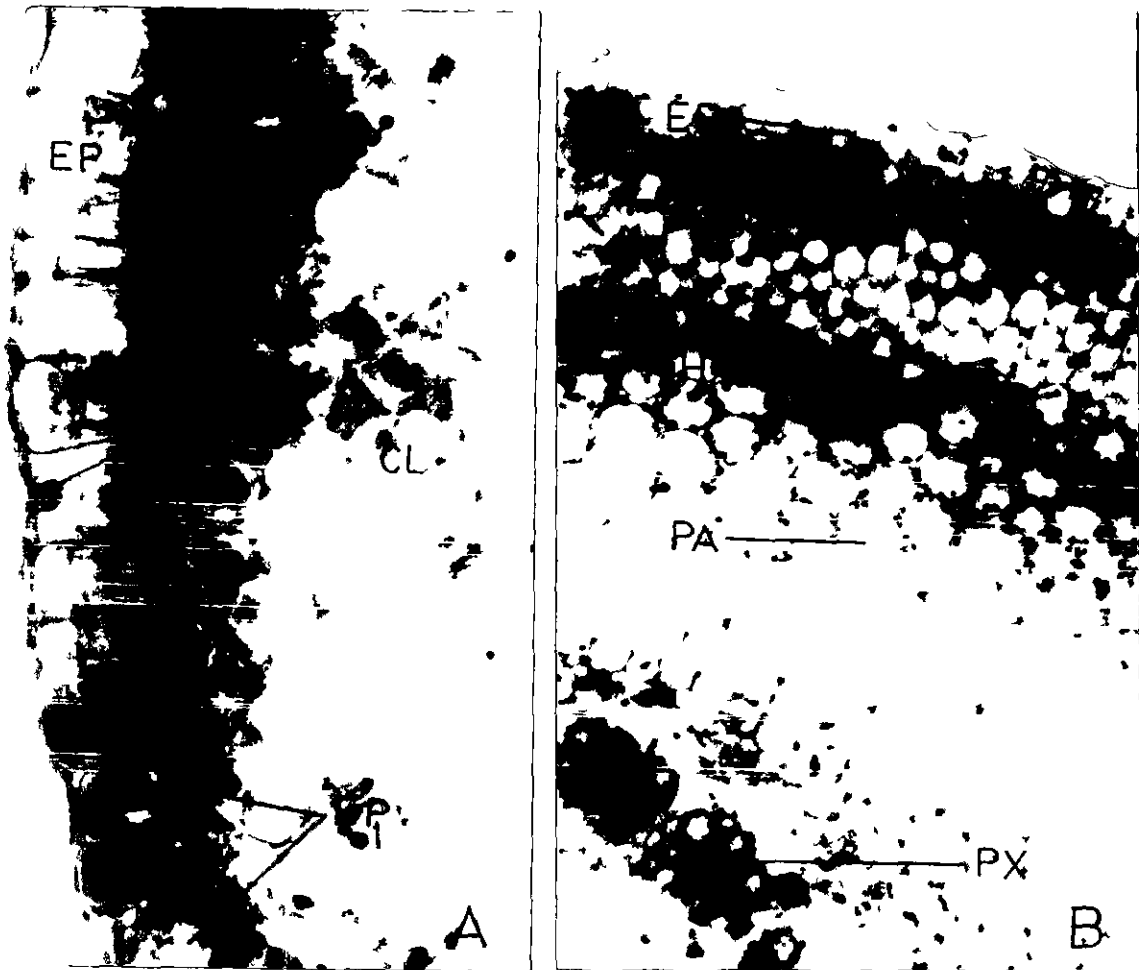
บริเวณนอก (GM_1) และบริเวณใน (GM_2), Procambium

(PC)

(x 250)

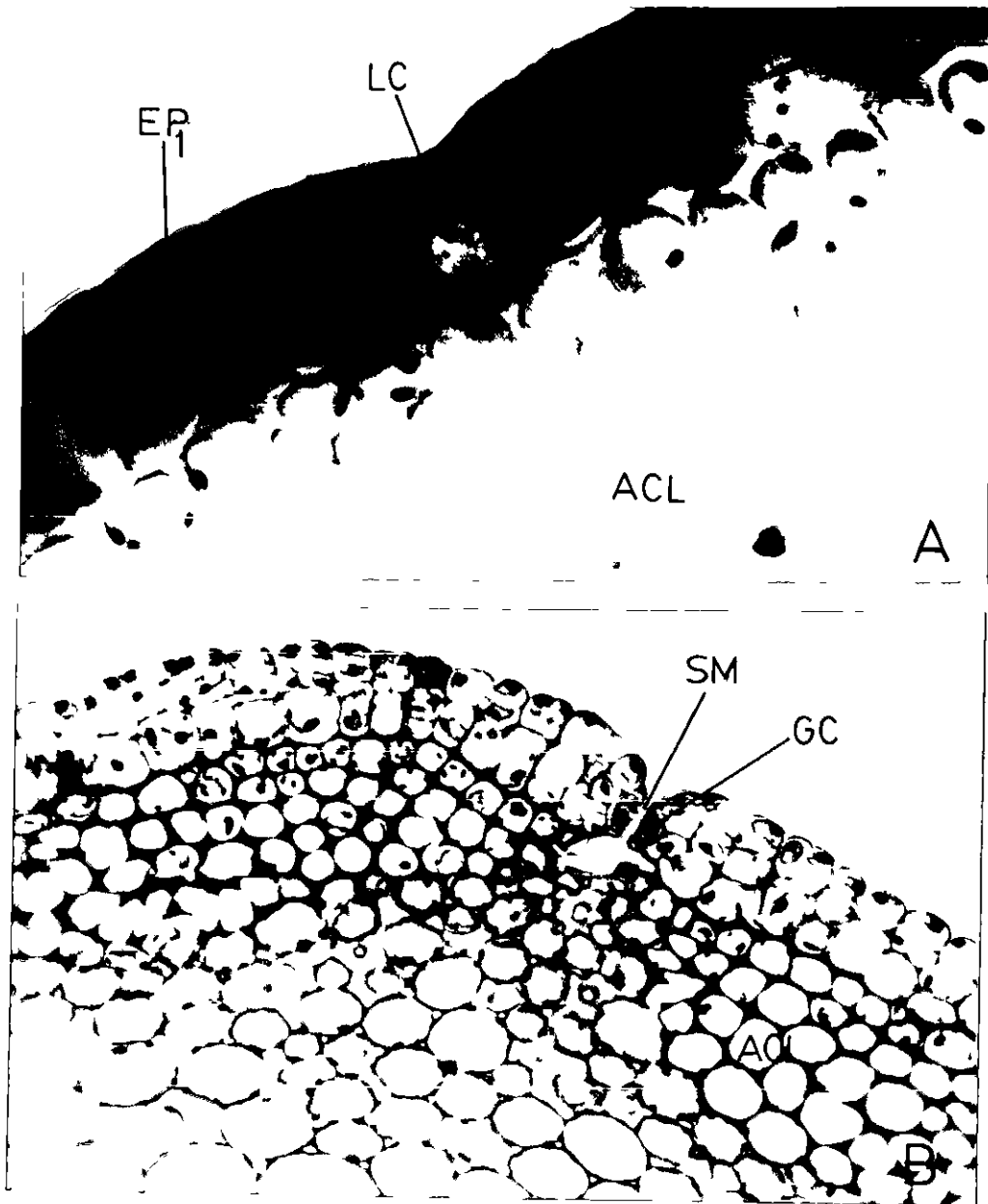
B แสดง Protoxylem (PX) ใน procambium

(x 660)



ภาพประกอบ 18 ลำต้นปล้องที่ 2 ตัดตามขวาง

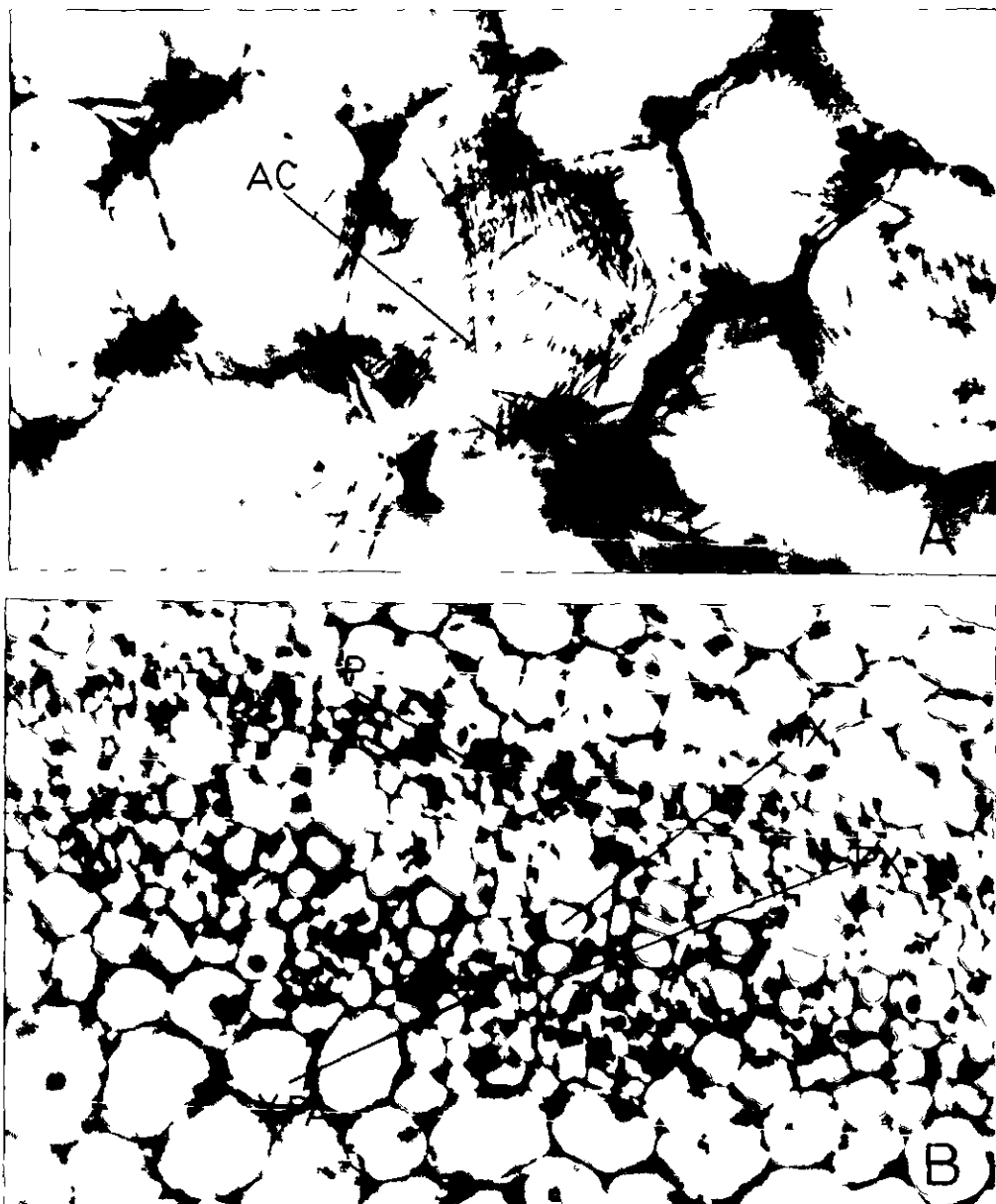
- A แสดง Epidermis ที่มีเซลล์มากกว่า 1 แถว (EP),
เซลล์ผิวที่บรรจุเล็ก (EP₁), เซลล์ผิวที่แบ่งตัว (EP₂),
คอลเลงคิมา (CL) (x 1320)
- B แสดง Epidermis (EP), คอลเลงคิมา (CL),
คลอเรนคิมา (CH), พาเรงคิมา (PA) ในคอร์เทกซ์,
Protoxylem (PX) ในสปีด (x 500)



ภาพประกอบ 19 ลำต้น ปล้องที่ 3 ตัดตามขวาง

A แสดง Lithocyst (LC), เซลล์ผิวที่ผนังหนาขึ้น (EP_1),
Angular collenchyma (ACL) (X 1320)

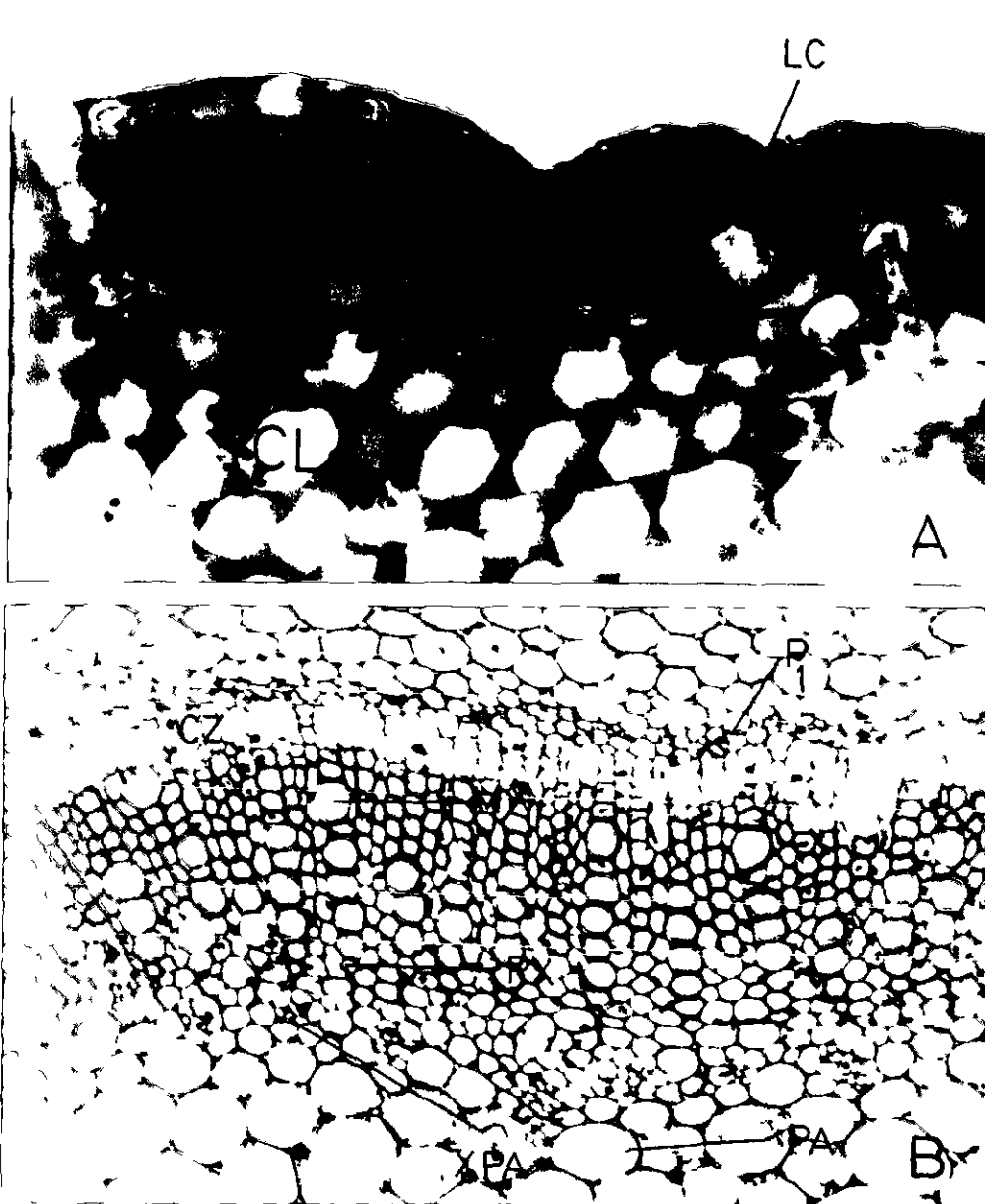
B แสดง Stoma (SM), Guard cells (GC),
Angular collenchyma (ACL) (X 800)



ภาพประกอบ 20 ลำต้นปล้องที่ 3 ตัดตามขวาง

A แสดง ผลึกรูปเข็ม (AC) (X 1320)

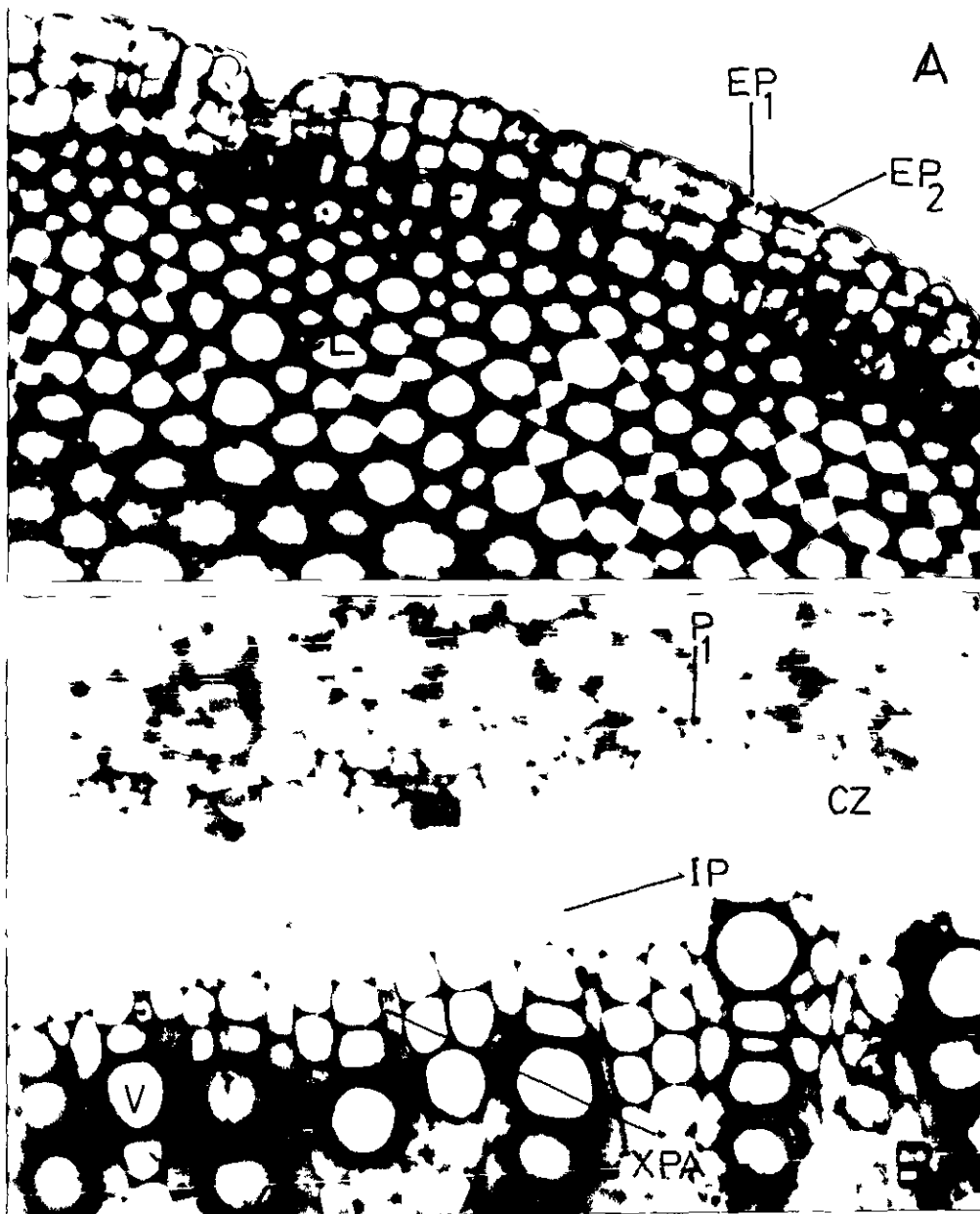
B แสดง Protoxylem (PX), Metaxylem (MX),
Xylem parenchyma (XPA), Phloem (P) (X 1000)



ภาพประกอบ 21 ลำต้นเมริเวอดปล้องที่ 4 ตัดตามขวาง

A แสดง Epidermis 3 ชั้น (EP), Lithocyst (LC),
Collenchyma (CL) (X 1000)

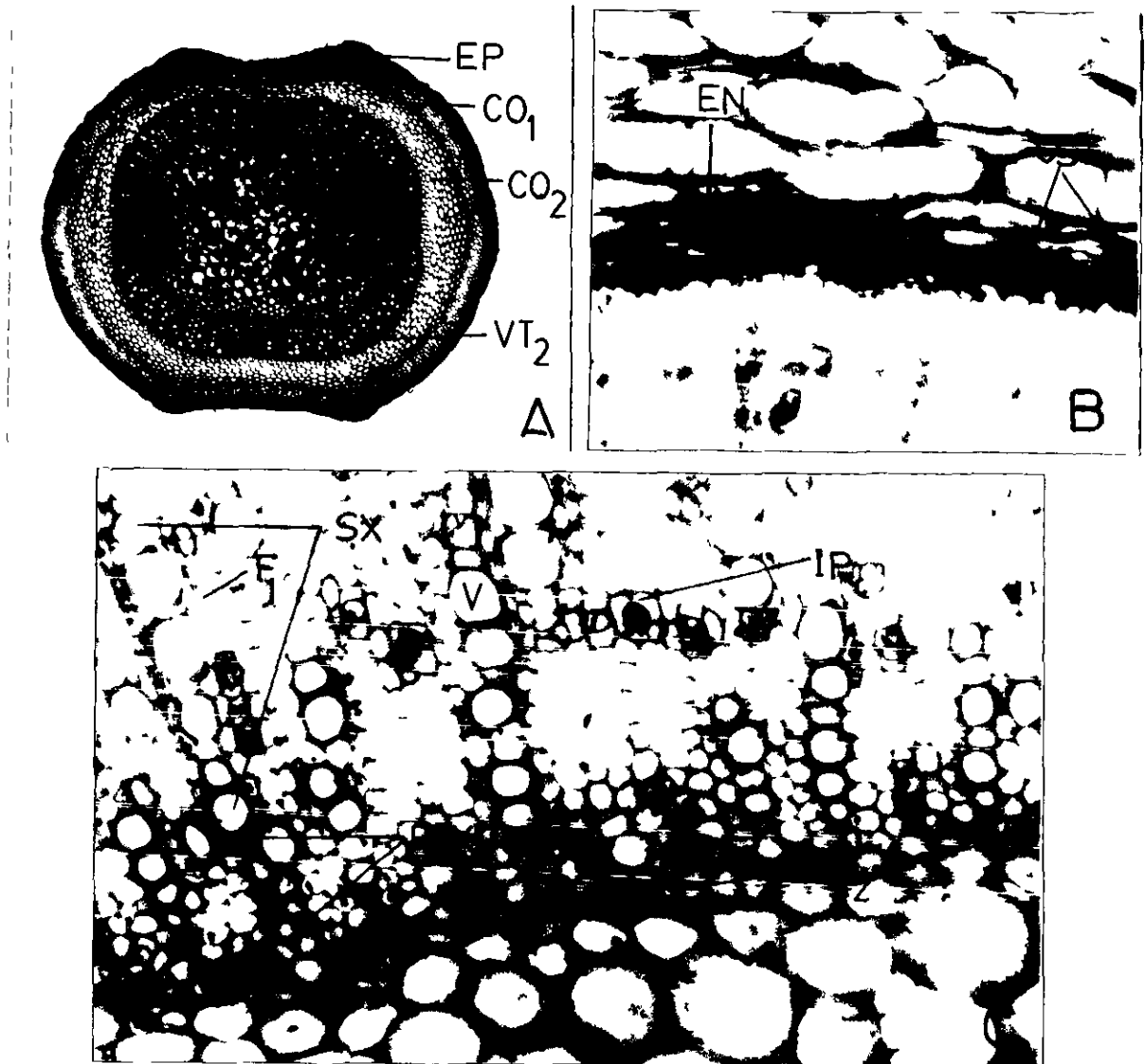
B แสดง Cambium zone (CZ), Protoxylem (PX),
Metaxylem (M), Primary phloem (P_1),
Xylem parenchyma (XPA), Parenchyma
ซึ่งมีผลึกรูปเข็ม ในไซโต (PA) (X 1000)



ภาพประกอบ 22 ลำต้นบริเวณปล้องที่ 5 ตัดตามขวาง

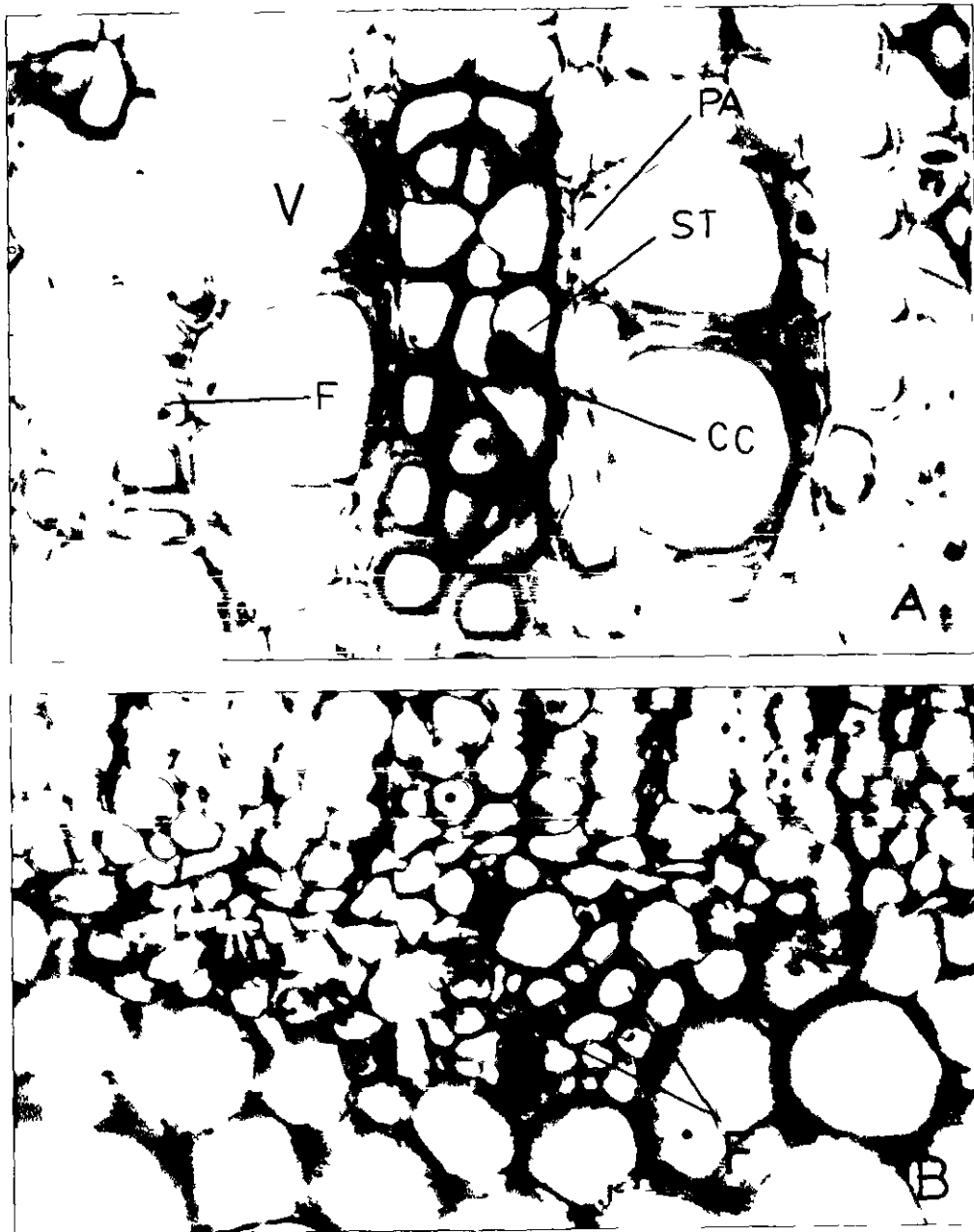
A แสดง Epidermis 4 แถว (EP) ที่แถวนอกแบ่งตัว
ในแนวตั้งฉากกับผิว (EP₁) และแนวขนานกับผิว (EP₂),
Angular collenchyma (CL) (X 500)

B แสดง Endodermis (EN), Primary phloem (P₁),
Cambium zone (CZ), Secondary xylem (X₂),
Vessel (V), Xylem parenchyma (XPA), Fiber (F)
Included phloem (IP) (X 300)



ภาพประกอบ 23 ลำต้นปล้องที่ 6 ตัดตามขวาง

- A แสดง Epidermis (EP), กอรรักษาชั้นนอก (CO_1)
 กอรรักษาชั้นใน (CO_2) Secondary vascular
 tissue (VT_2) และ Pith (PI) ในชิ้นสไลด์ (x 50)
- B แสดง Endodermis (EN) ปรากฏชัดว่ามี Casparian strip (CS)
- C ขยาย Secondary vascular tissue, แสดง Included phloem
 (IP), Vessel (V) Fiber (F_1) ใน Secondary xylem,
 Protoxylem (PX), Fiber (F_2) ที่เกิดจาก Primary xylem
 (x 500)

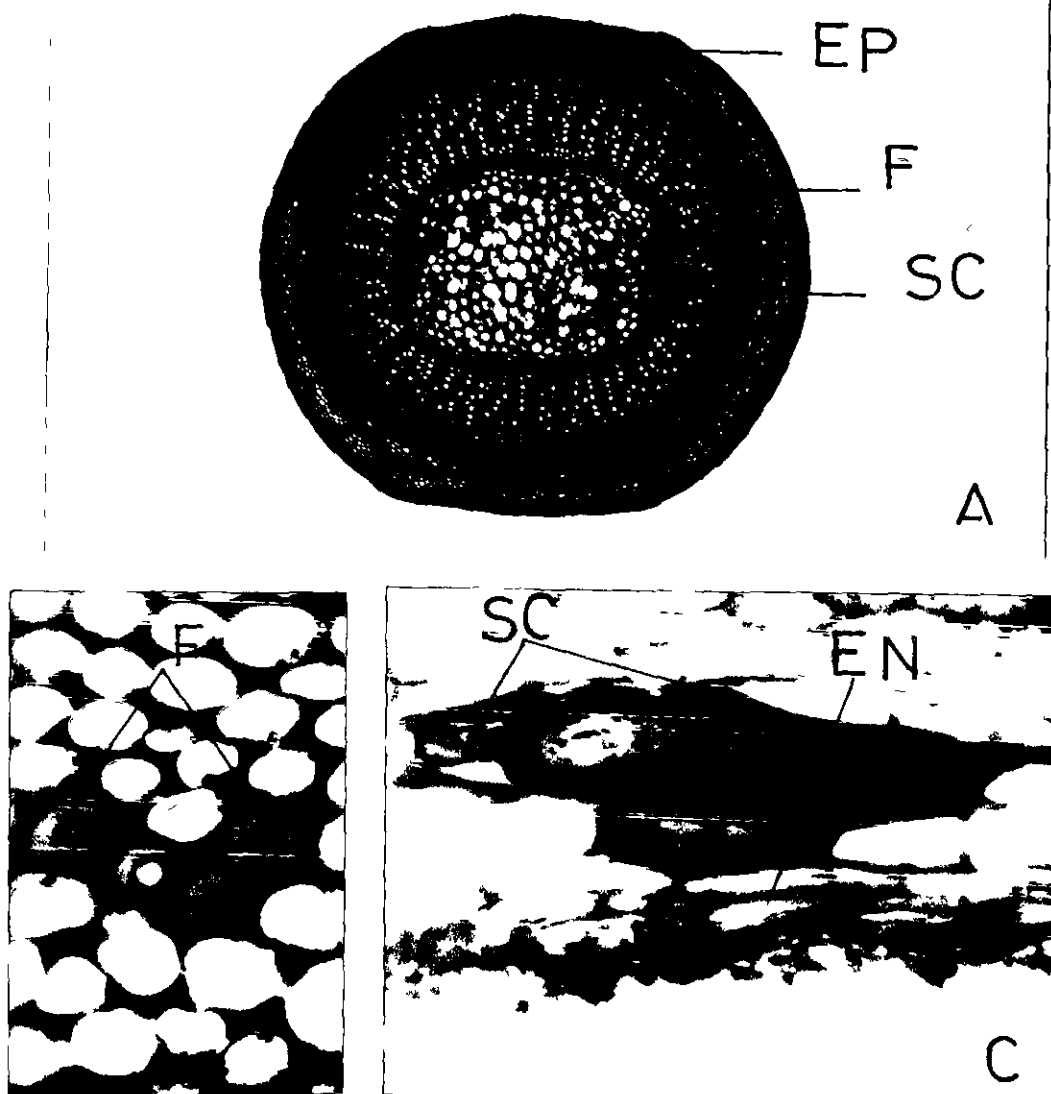


ภาพประกอบ 24 ลำต้นปล้องที่ 7 ตัดตามขวาง

A แสดง Fiber (F), Vessel (V), Parenchyma (PA)

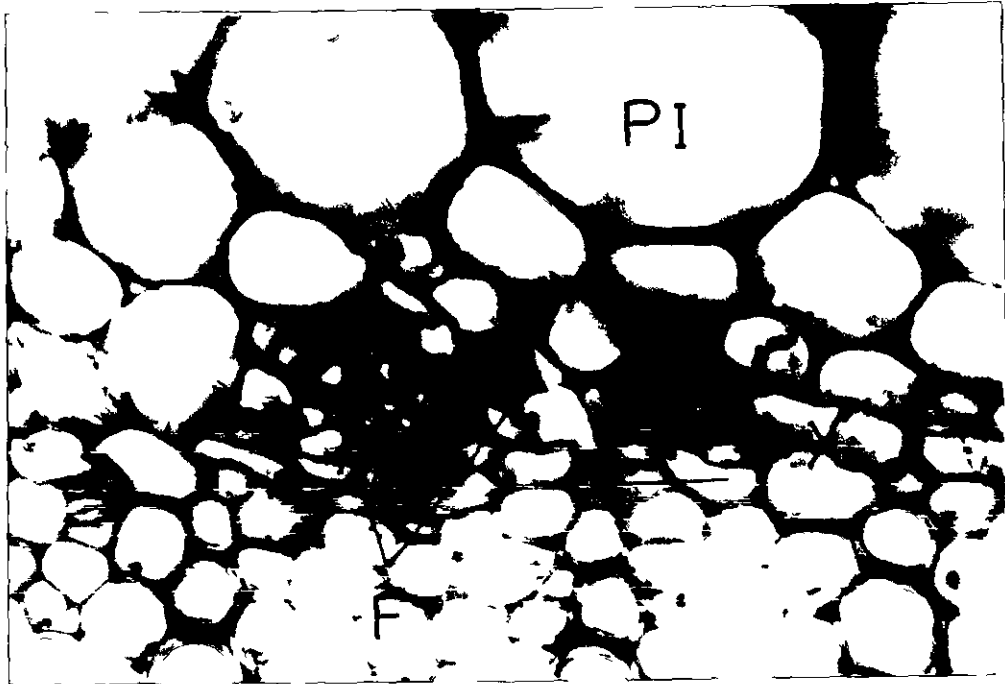
ในไซเลม , Included phloem ที่ประกอบด้วย Sieve tube (ST),
Companion cell (CC) และ Parenchyma (PA) (X 1600)

B แสดง Fiber (F) ที่เจริญมาจาก Primary xylem (X 1320)

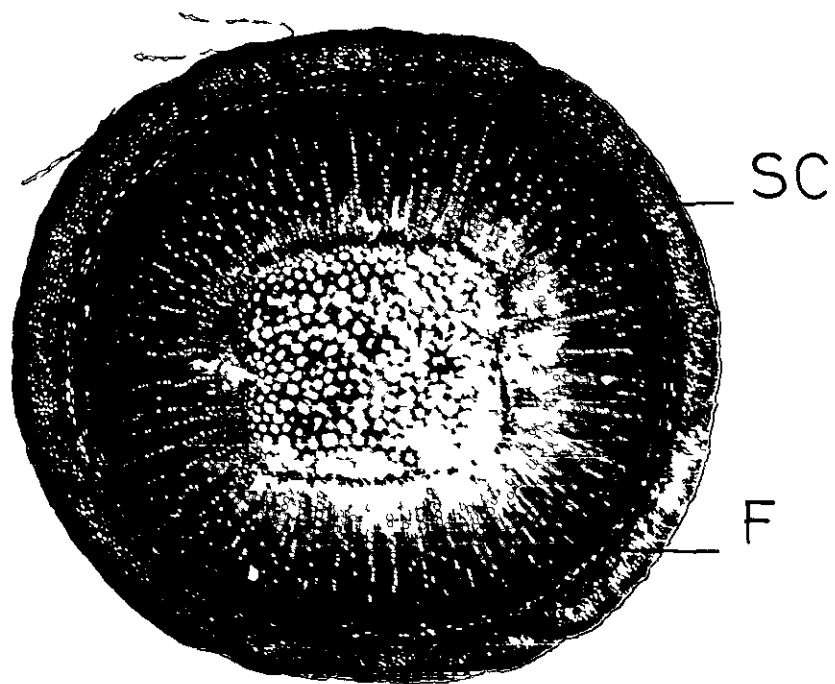


ภาพประกอบ 25 ลำต้นปล้องที่ 8 ตัดตามขวาง

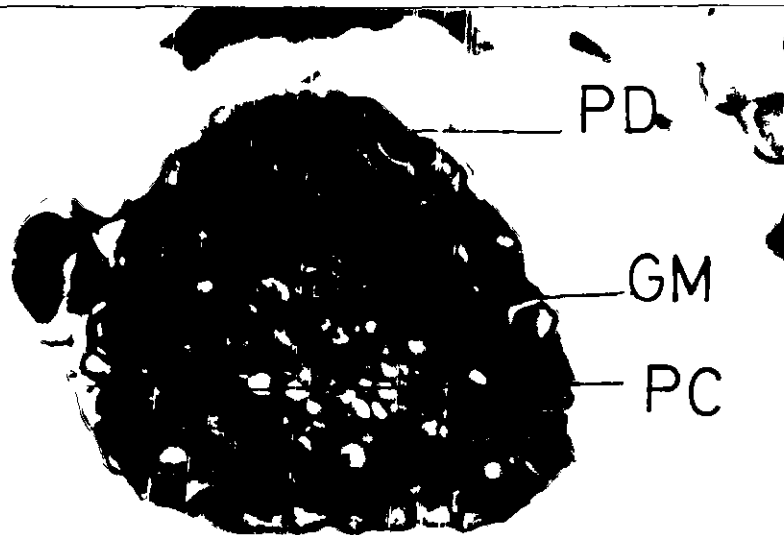
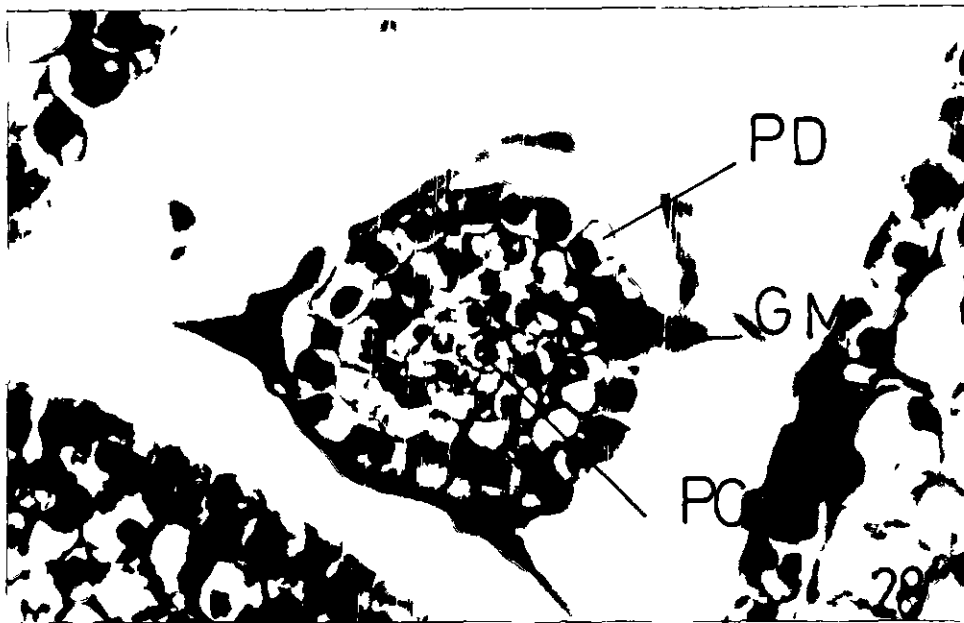
- A แสดง Epidermis (EP), คอริเทกซ์ ที่มี Fiber (F)
และ Sclereid (SC) (x 50)
- B แสดง Fiber (F) ที่คอริเทกซ์ (x 800)
- C แสดง Sclereid (SC) ที่คอริเทกซ์,
Endodermis (EN) (x 1320)



ภาพประกอบ 26 ลำต้นปล้องที่ 8 ตัดตามขวาง แสดง Fiber (F) ที่เกิดจาก Primary xylem, Protoxylem (PX), Pith (PI) (x 660)



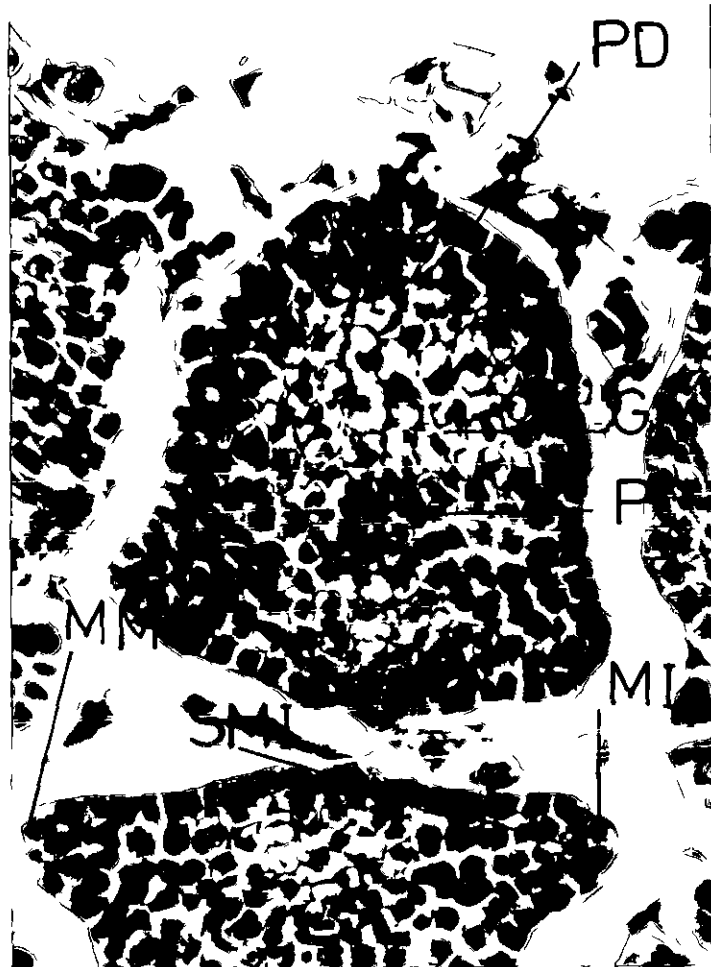
ภาพประกอบ 27 ลำต้นปล้องที่ 9 ตัดตามขวาง แสดงคอร์เทกซ์บริเวณที่มี Fiber (F), Sclereid (SC) , และสปีลที่มี Secondary vascular tissue (VT₂), Pith (PI) (x 50)



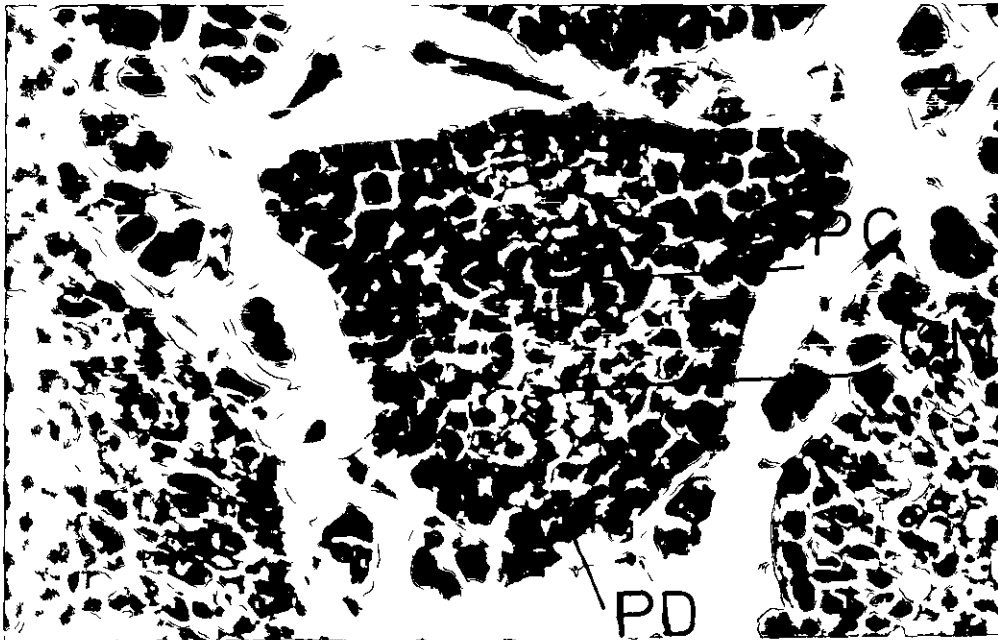
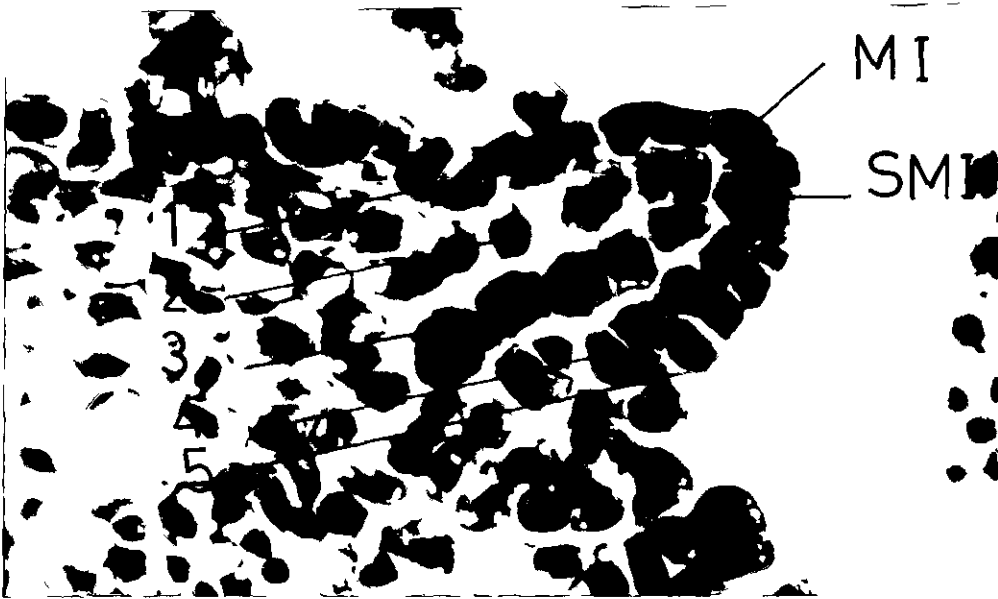
29

ภาพประกอบ 28 ปลายทอดตัดตามขวาง ผ่านส่วนปลายของงูมไบ แสดงสิ่งเขรูปกลม
และเนื้อเยื่อ Protoderm (PD) 1 แถว, Ground meristem
(GM) 1 แถว, Procambium (PC) (X 2000)

ภาพประกอบ 29 ปลายทอดตัดตามขวาง ผ่านส่วนโคนของงูมไบ แสดงสิ่งเขรูปครึ่งวงกลม
แสดง Protoderm (PD) 1 แถว, Ground meristem (GM) 3 แถว,
Procambium (PC) (X 1320)



ภาพประกอบ 30 ปลายยอดตัดตามขวาง ผ่านปุ่มใบระยะสร้างแผ่นใบ แสดง Marginal meristem (MM) ที่ประกอบด้วย Marginal initial (MI) และ Submarginal initial (SMI) , Protoderm (PD), Ground meristem (GM), Procambium (PC) (X 1000)

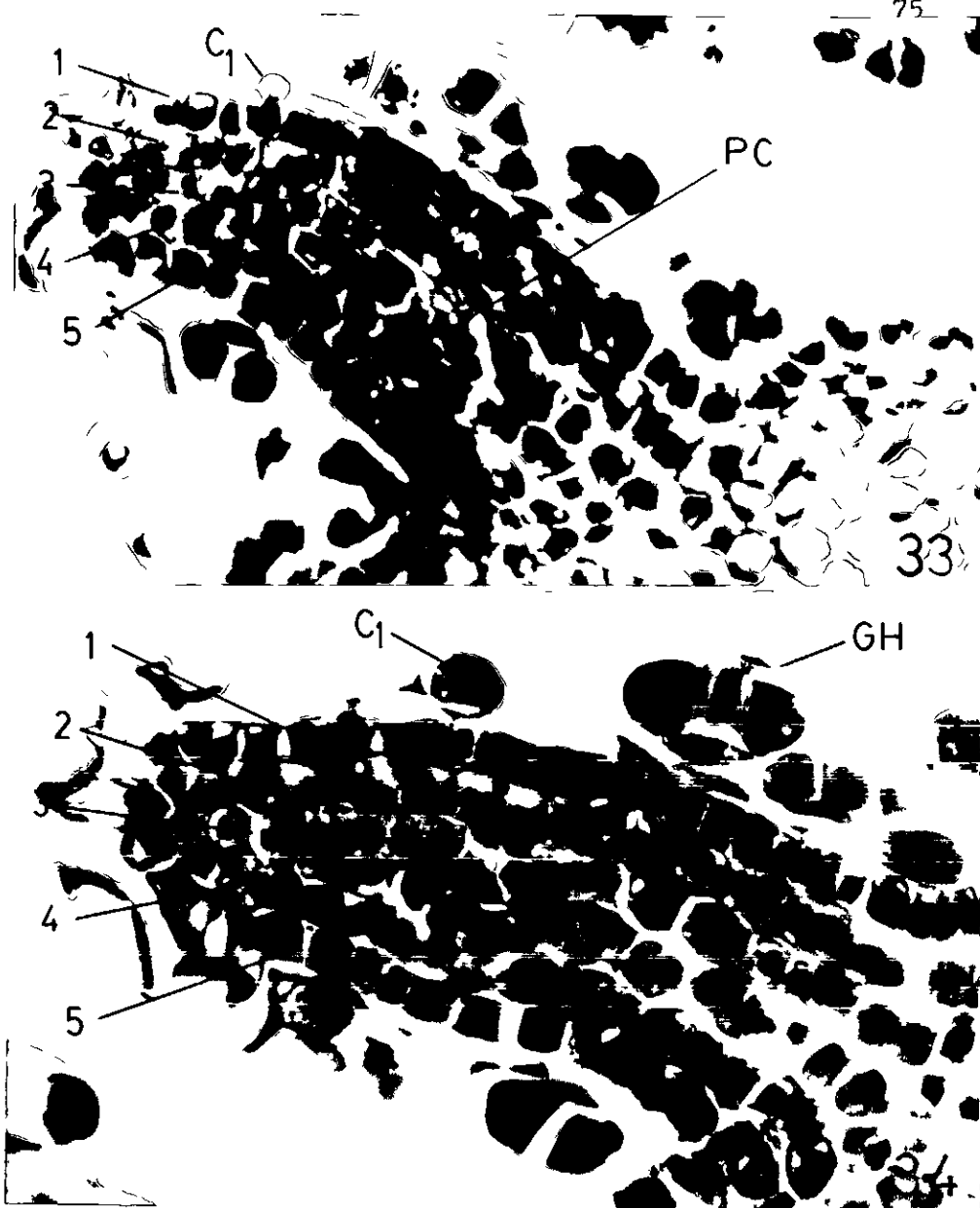


ภาพประกอบ 31 บลาวยอดตัดตามขวาง ผ่านปุ่มใบ แสดงแผ่นใบอ่อนระยะที่มีเซลล์ 5 แถว ได้แก่ Adaxial protoderm (1), Adaxial layer (2), Middle layer (3), Abaxial layer (4), Abaxial protoderm (5) , ส่วนปลายที่มี Marginal initial (MI), Submarginal initial (SMI)

(x 2000)

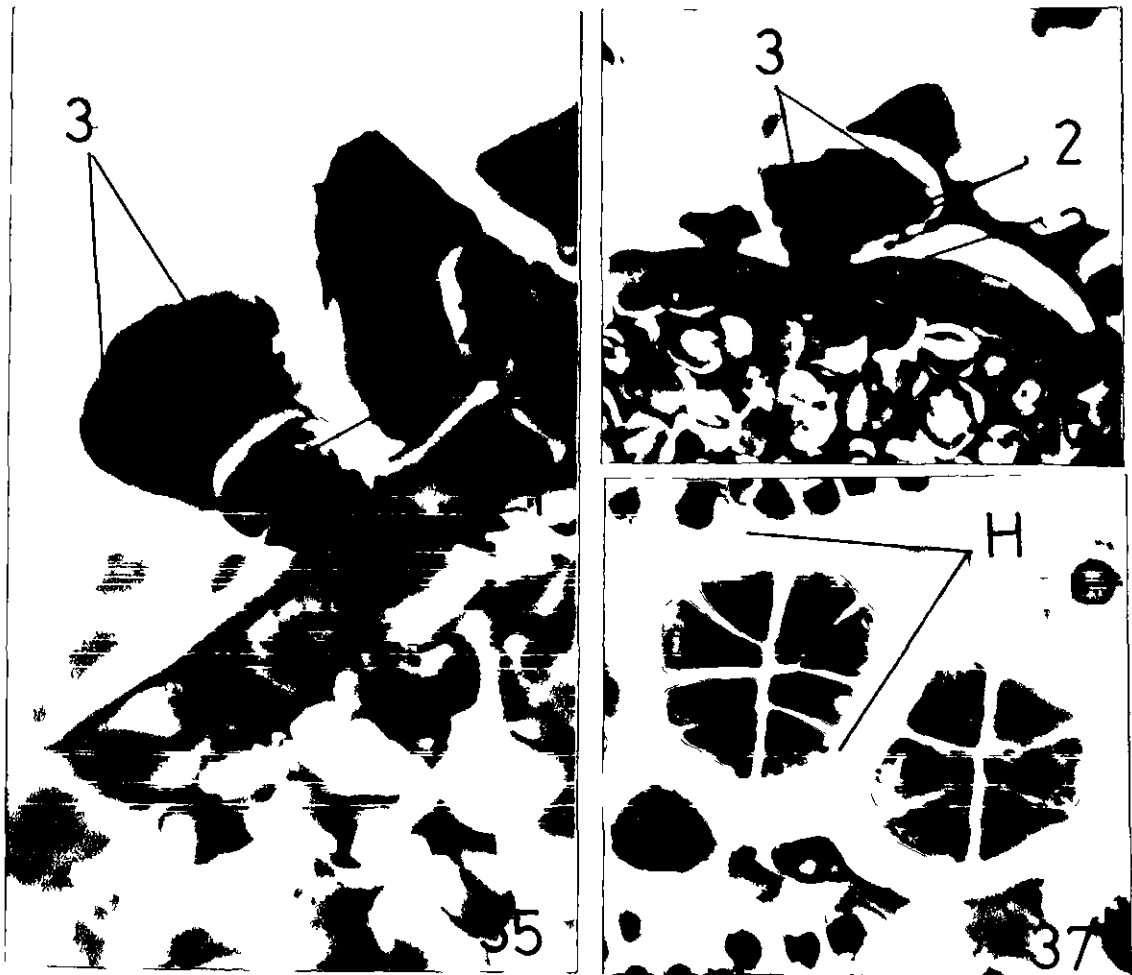
ภาพประกอบ 32 บลาวยอดตัดตามขวาง ผ่านปุ่มใบระยะที่มีแผ่นใบอ่อน แสดงแกนกลางที่ประกอบด้วย Protoderm (PD), Ground meristem (GM), Procambium (PC)

(x 1000)



ภาพประกอบ 33 ปลายยอดตัดตามขวาง ผ่านใบอ่อน แสดงเนื้อเยื่อ แผ่นใบที่ประกอบด้วย Adaxial protoderm (1) ซึ่งมีเซลล์ผิวขนาดใหญ่ (C_1) จะเจริญไปเป็นขน, Adaxial layer (2), Middle layer (3) ซึ่งแบ่งขนานกับผิวหลายครั้ง, Abaxial layer (4) และ Abaxial protoderm (5) , Procambium (PC) ที่ Middle layer (x 1320)

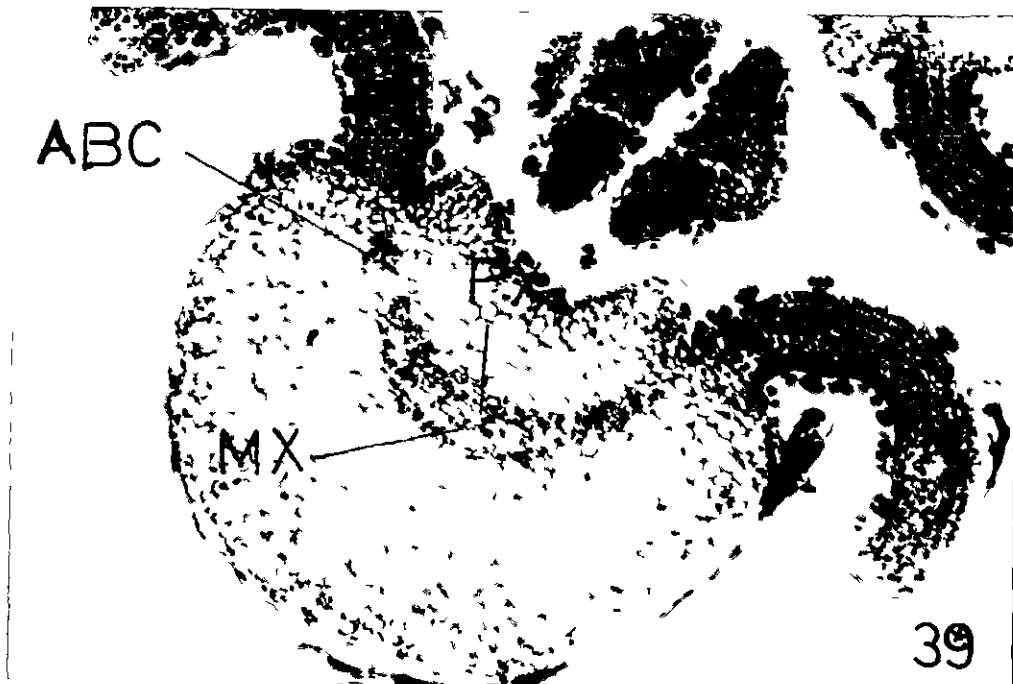
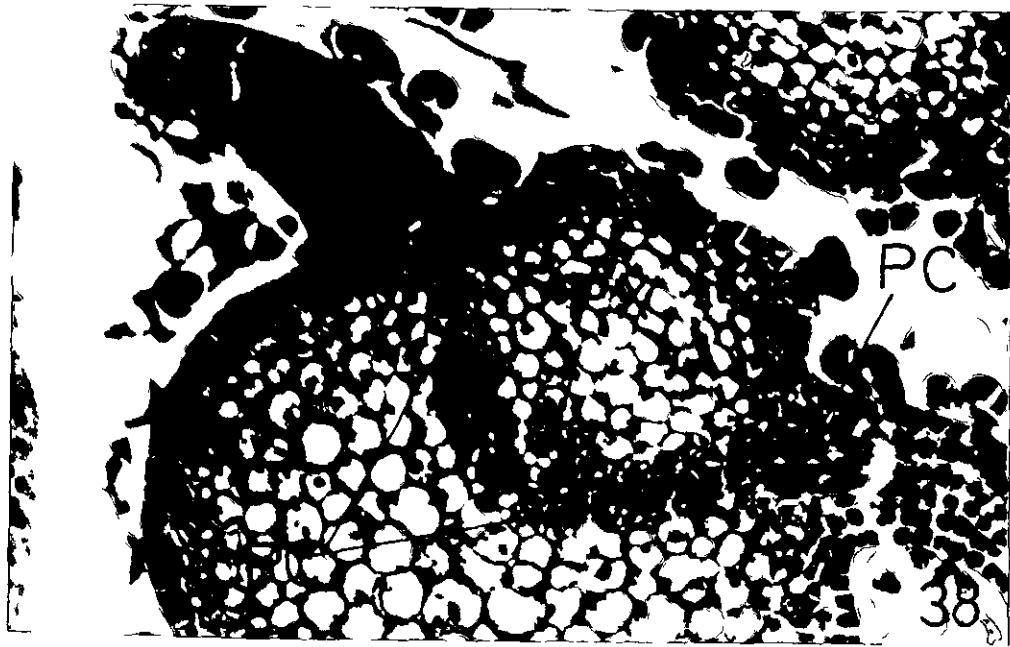
ภาพประกอบ 34 ปลายยอดตัดตามขวาง ผ่านใบอ่อน แสดงเนื้อเยื่อ แผ่นใบระยะเดียวกับภาพที่ 33 เซลล์ผิว (C_1) แบ่งตัวหลายครั้งเจริญให้ขน (GH), Adaxial protoderm (1) ที่เริ่มแบ่งตัวให้เซลล์ขน Adaxial layer (2), Middle layer (3) ที่มีการแบ่งตัวขนานกับผิว Abaxial layer (4)



ภาพประกอบ 35 ขนชนิดที่ส่วนปลายมีต่อม แสดงส่วนฐาน (1), ก้าน (2) และส่วนหัว (3) ที่มีการแบ่งตัวได้ 2 เซลล์ (x 2000)

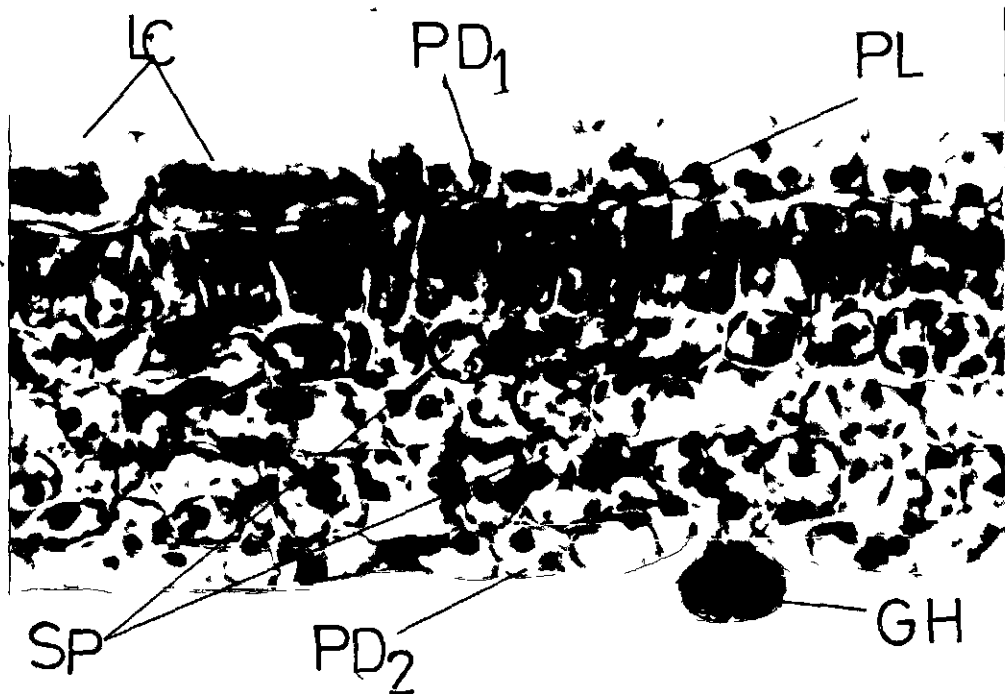
ภาพประกอบ 36 ขนชนิดที่มีส่วนปลายมีต่อม แสดงส่วนฐาน (1), ก้าน (2) มี 2 เซลล์ และส่วนหัวมี 8 เซลล์ (x 1320)

ภาพประกอบ 37 ส่วนหัวของขนที่ส่วนปลายมีต่อม แสดงการเรียงตัวของเซลล์ 8 เซลล์ (x 2000)



ภาพประกอบ 38 ใบอ่อนตัดตามขวาง ผ่านแผ่นใบและเส้นกลางใบ แสดง Protoxylem (PX) เริ่มเกิดที่เส้นกลางใบ, Procambium (PC) กลุ่มเล็ก ๆ เกิดขึ้นข้างกลุ่ม Procambium ใหญ่ (x 660)

ภาพประกอบ 39 ใบอ่อนตัดตามขวาง ผ่านแผ่นใบและเส้นกลางใบ แสดง Metaxylem (MX) และ Protoxylem (PX) , Accessory bundle (ACB) ที่เส้นกลางใบ (x 250)



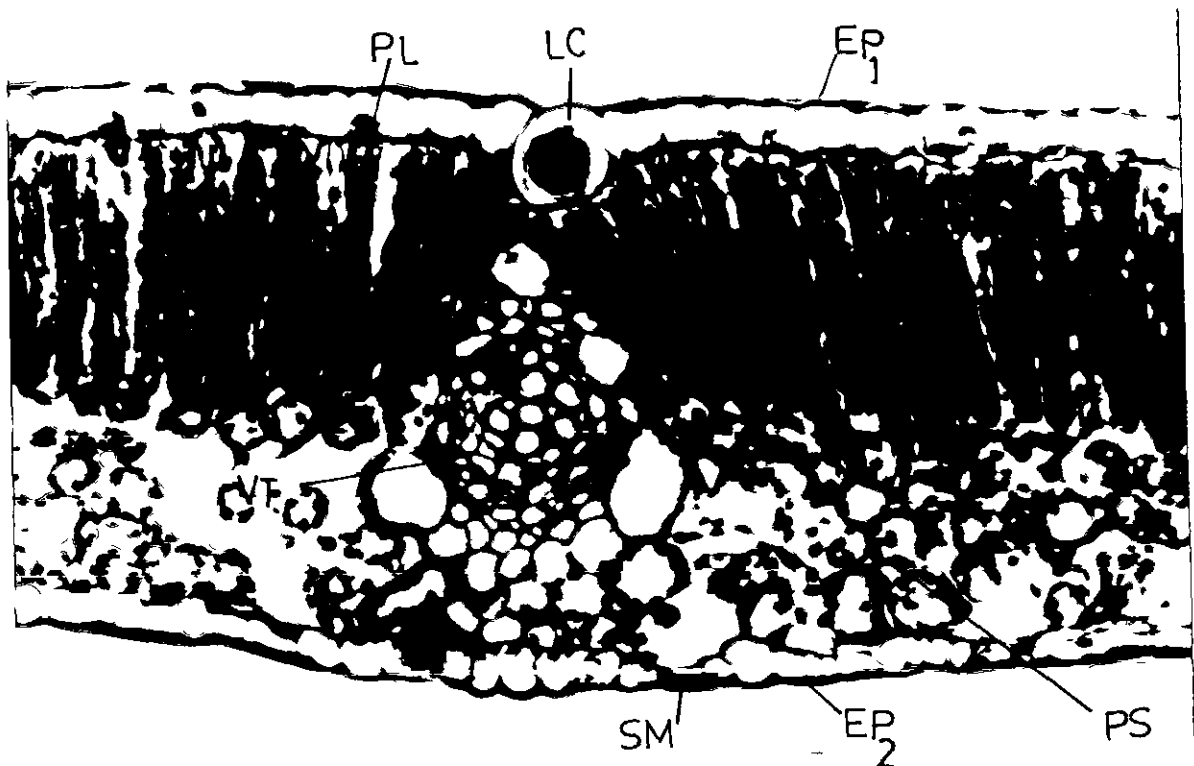
ภาพประกอบ 40 แผ่นใบอ่อนของใบคู่ที่ 3 ถัดตามขวาง แสดงเนื้อเยื่อชั้นต่าง ๆ ได้แก่

Upper protoderm (PD_1), Young palisade cell (PL)

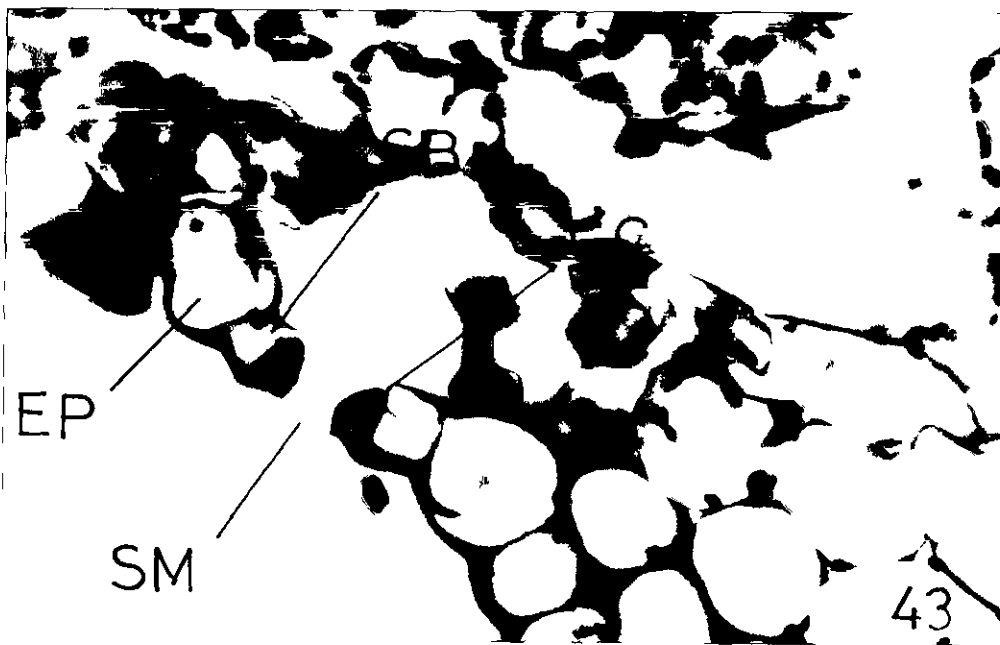
Young spongy cell (SP), Lower protoderm (PD_2)

Lithocyst (LC) , ขนชนิดที่ปลายมีต่อม Glandular hair (GH)

(X 1320)

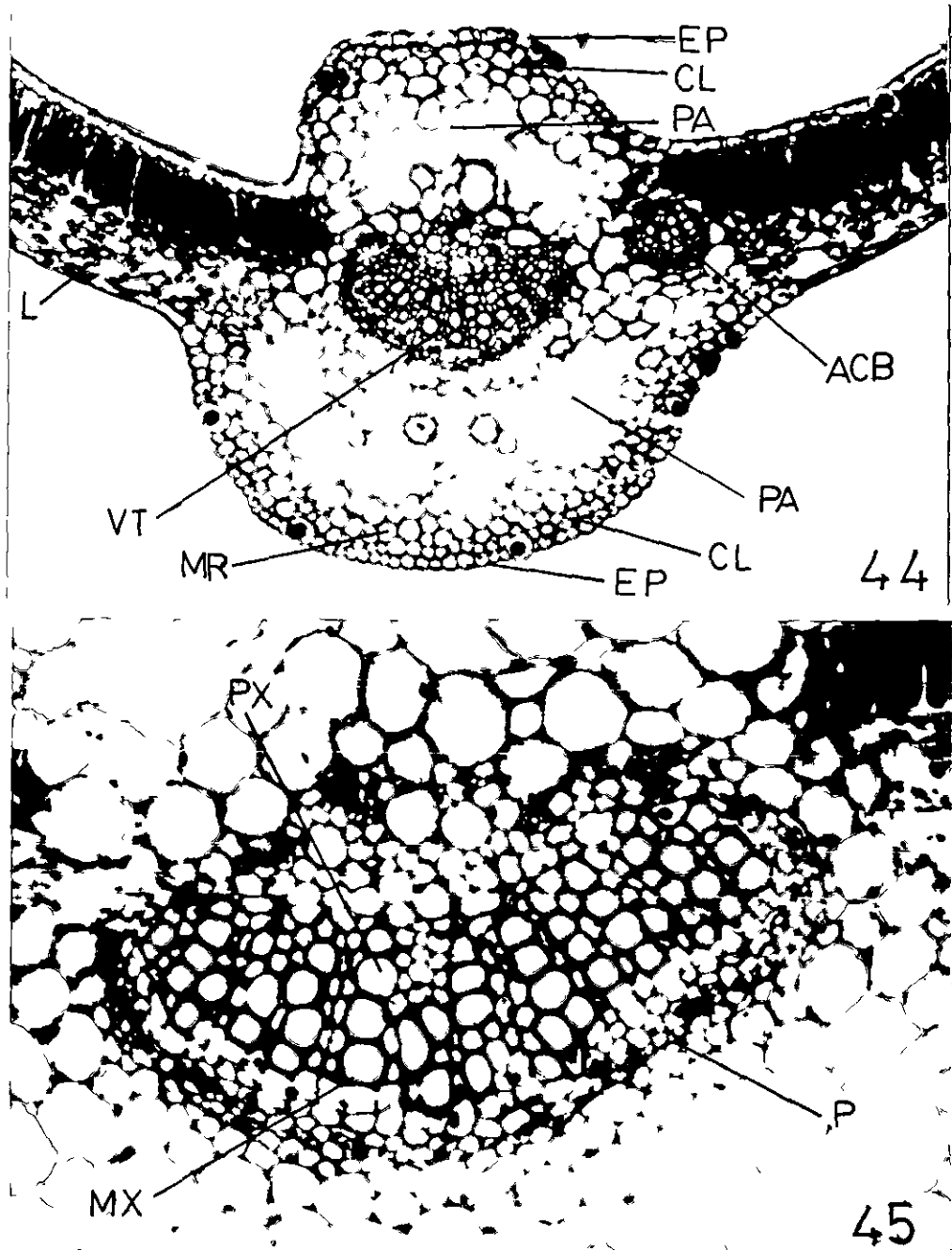


ภาพประกอบ 41 แผ่นใบ ระยะที่เจริญเต็มที่ของใบคู่ที่ 5 ตัดตามขวาง แสดงโครงสร้าง
ที่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อชั้นต่าง ๆ ได้แก่ Upper epidermis (EP₁)
ที่มี Lithocyst (LC), Palisade mesophyll (PL) ที่มี
Vascular tissue แทรกอยู่, Spongy cell (SP), Lower
epidermis (EP₂), เซลล์ผิวที่เปลี่ยนไปเป็น Lithocyst (LC),
Stoma (SM) (x 660)



ภาพประกอบ 42 ชิ้นผิวหนังของใบจากการลอกผิว แสดงเซลล์กลุ่ม (GC) เซลล์ข้างเคียง
เซลล์กลุ่ม (SB) รอบปากใบ, และเซลล์ผิว (EP) (X 160)

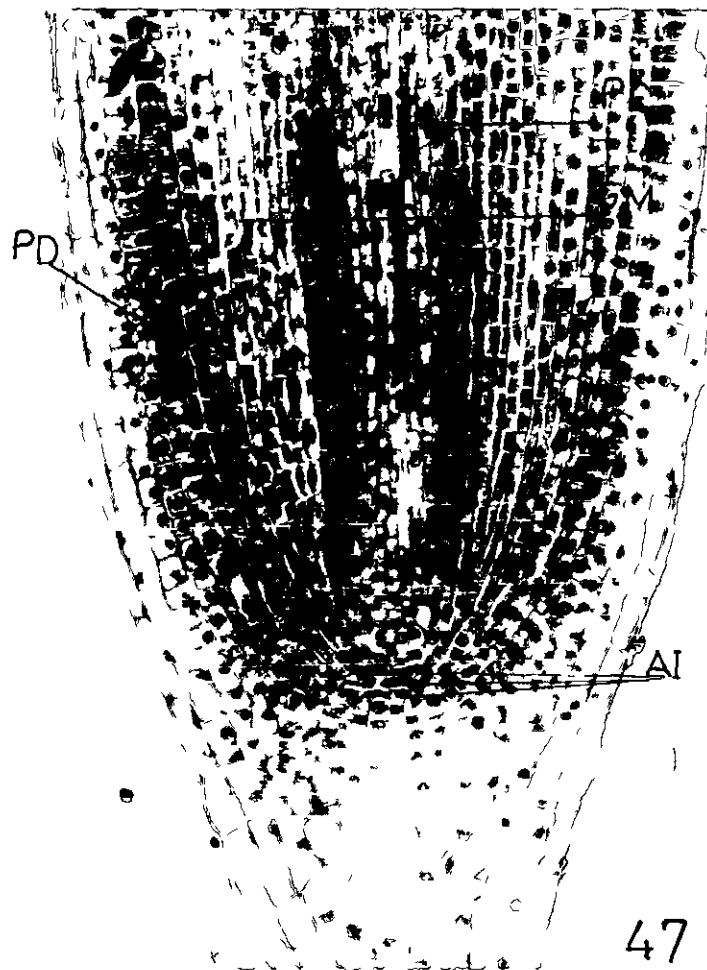
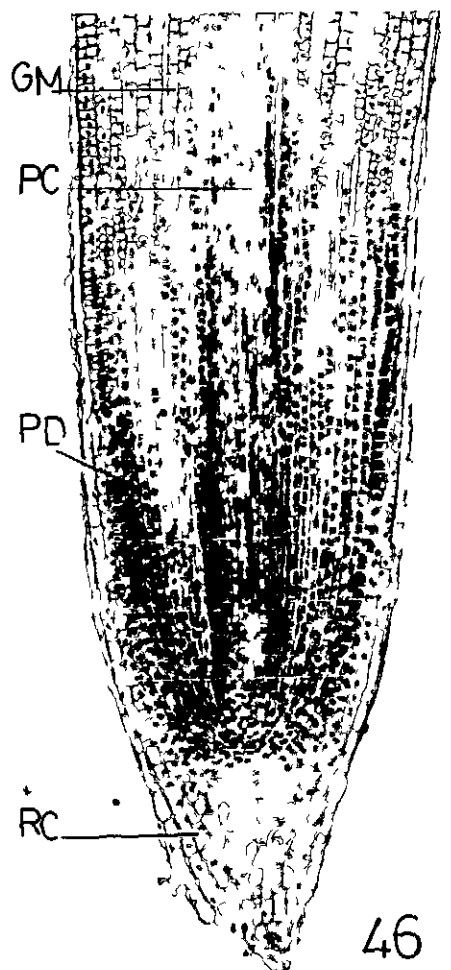
ภาพประกอบ 43 แผ่นใบตัดตามขวาง ผ่านชั้นผิวหนัง แสดงปากใบ (SM), เซลล์กลุ่ม (GC)
เซลล์ข้างเคียงเซลล์กลุ่ม (SB) (X 1600)



ภาพประกอบ 44 ใบที่เจริญเต็มที่ตัดตามขวาง ผ่านแผ่นใบและเส้นกลางใบ แสดงแผ่นใบ (L) และเส้นกลางใบ (MR) ซึ่งประกอบด้วย Epidermis (EP) คอร์เทกซ์ ที่ประกอบด้วยคอลเลงคิมา (CL), พาเรงคิมา (PA), Vascular bundle (VB), Accessory bundle (ACB) (x 250)

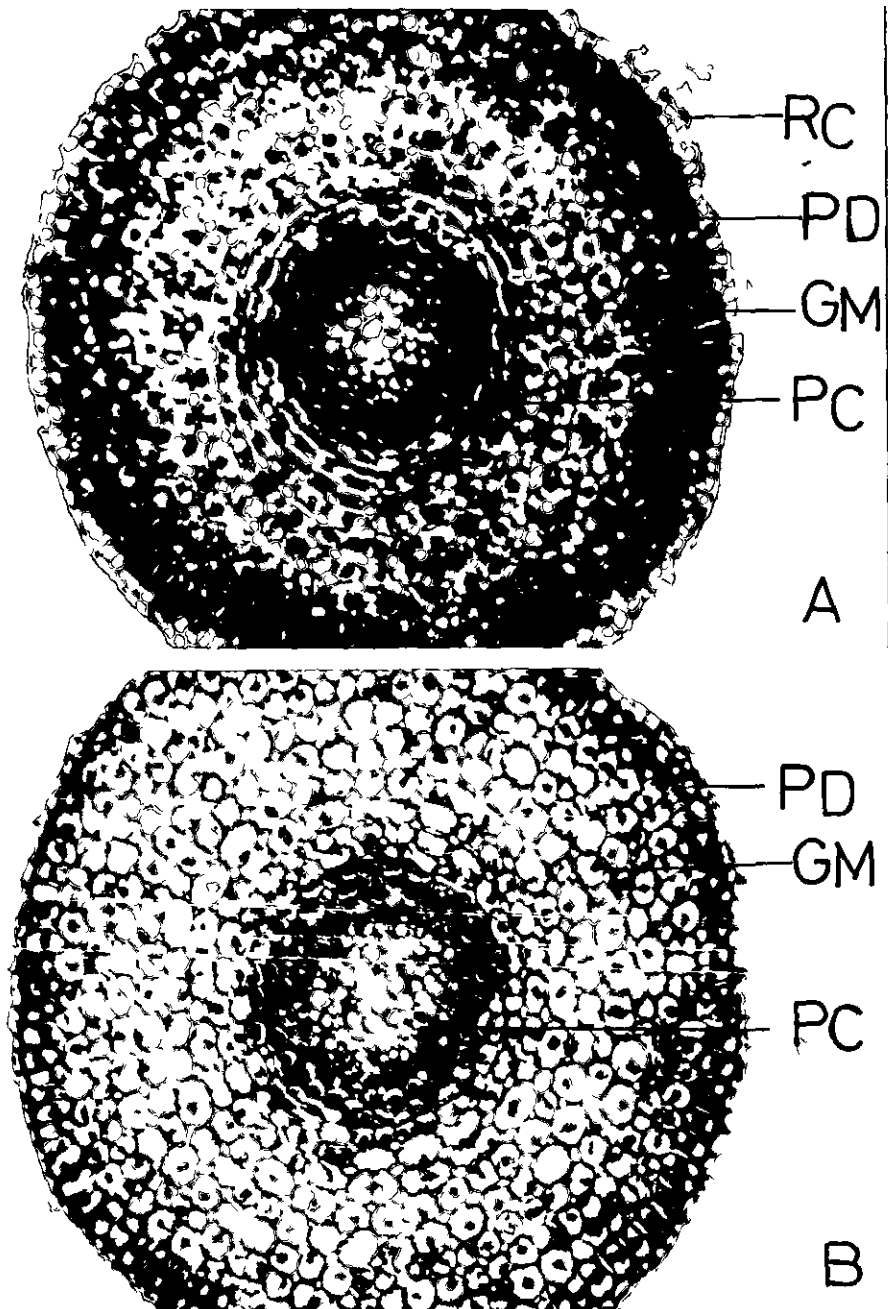
ภาพประกอบ 45 ใบที่เจริญเต็มที่ตัดตามขวาง ผ่านเส้นกลางใบ แสดงเนื้อเยื่อลำเลียงที่ ประกอบด้วย Protoxylem (PX), Metaxylem (MX), Phloem (P)

(x 1320)



ภาพประกอบ 46 ปลายรากตัดผ่านกลางตามยาว แสดงเนื้อเยื่อเจริญ 3 บริเวณ
Protoderm (PD), Ground meristem (GM), Procambium
(PC) , Root cap (RC) (X 250)

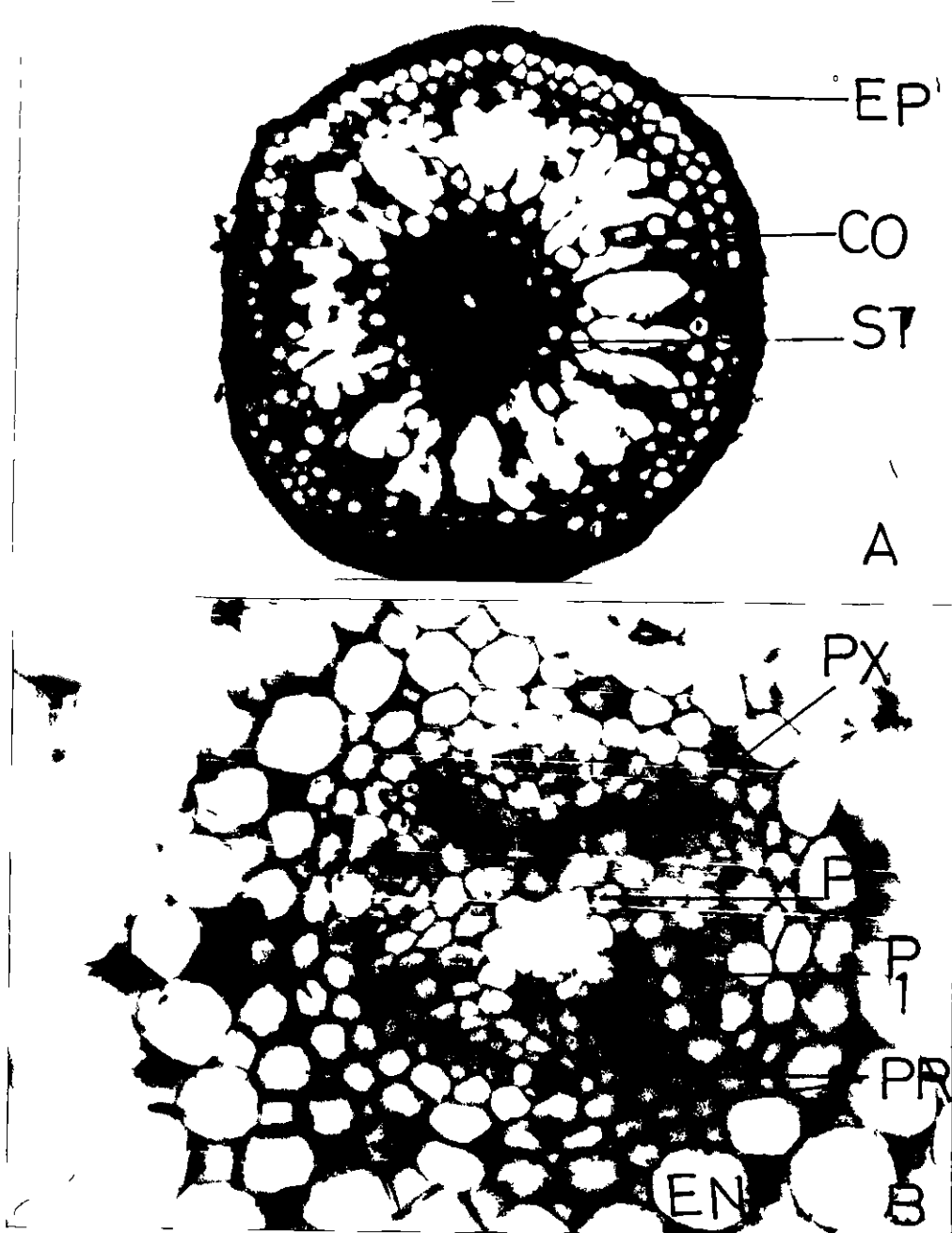
ภาพประกอบ 47 ปลายรากตัดผ่านกลางตามยาว แสดงเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย หรือ
Apical initial (AI) 3 แถว, Protoderm (PD), Ground
meristem (GM), Procambium (PC) ; Root cap (RC) -
(X 250)



ภาพประกอบ 48 ปลายรากตัดตามขวาง

A แสดงเนื้อเยื่อเจริญปลายราก ที่ประกอบด้วย Protoderm (PD)
Ground meristem (GM), Procambium (PC), และ
Root cap (RC) ที่ติดมาด้วย (x 500)

B แสดงเนื้อเยื่อเจริญปลายราก เช่นเดียวกับ A แต่ไม่มี Root cap
ติดมาด้วย (x 500)

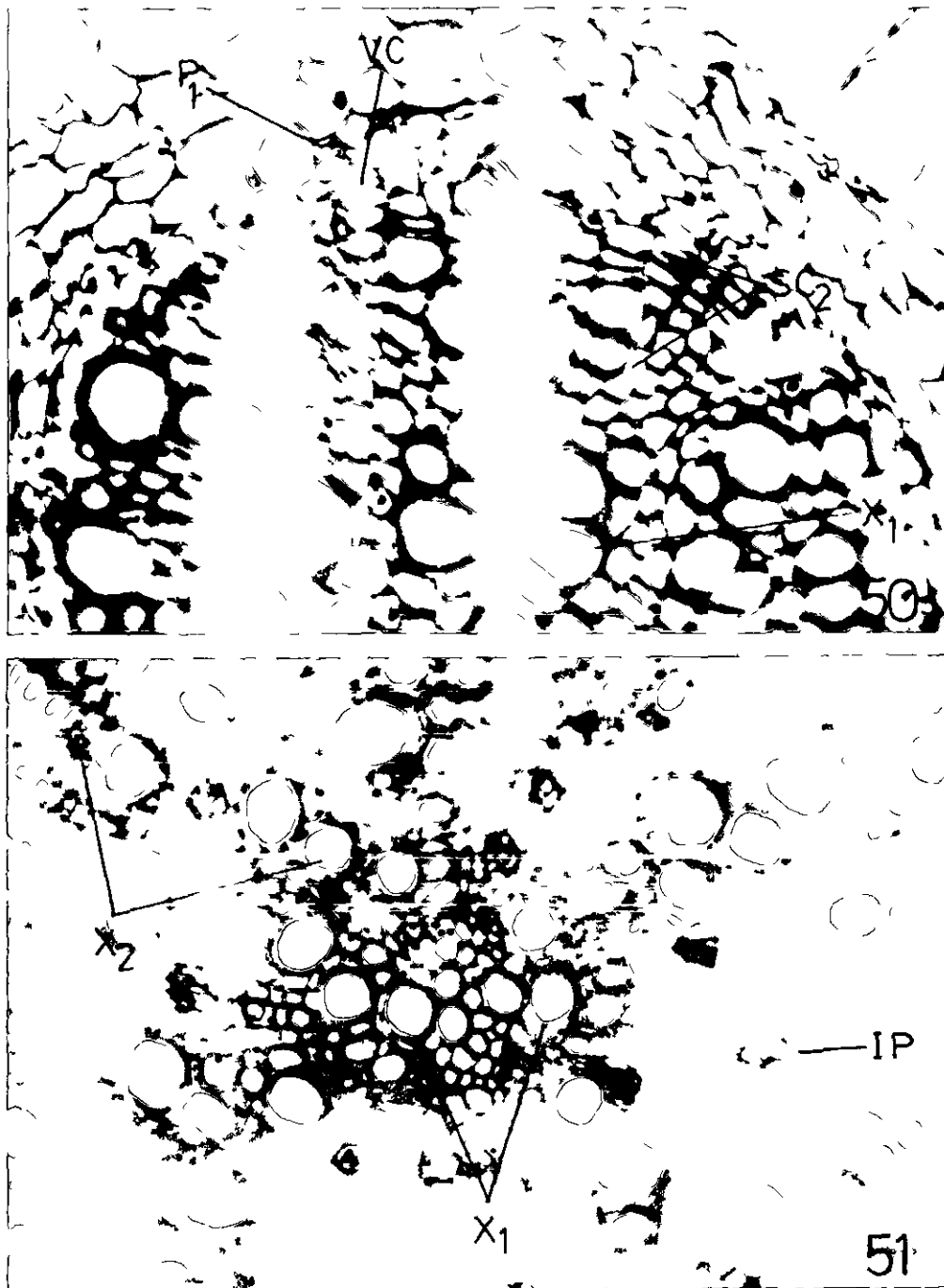


ภาพประกอบ 49 รากที่มีการเจริญเติบโตระยะแรกตัดตามขวาง

A แสดงส่วนประกอบทั้งหมด คือชั้นผิว (EP), ชั้นคอร์เท็กซ์ (CO) ซึ่งมีช่องอากาศ (AS), และชั้นสตีล (ST) (x 250)

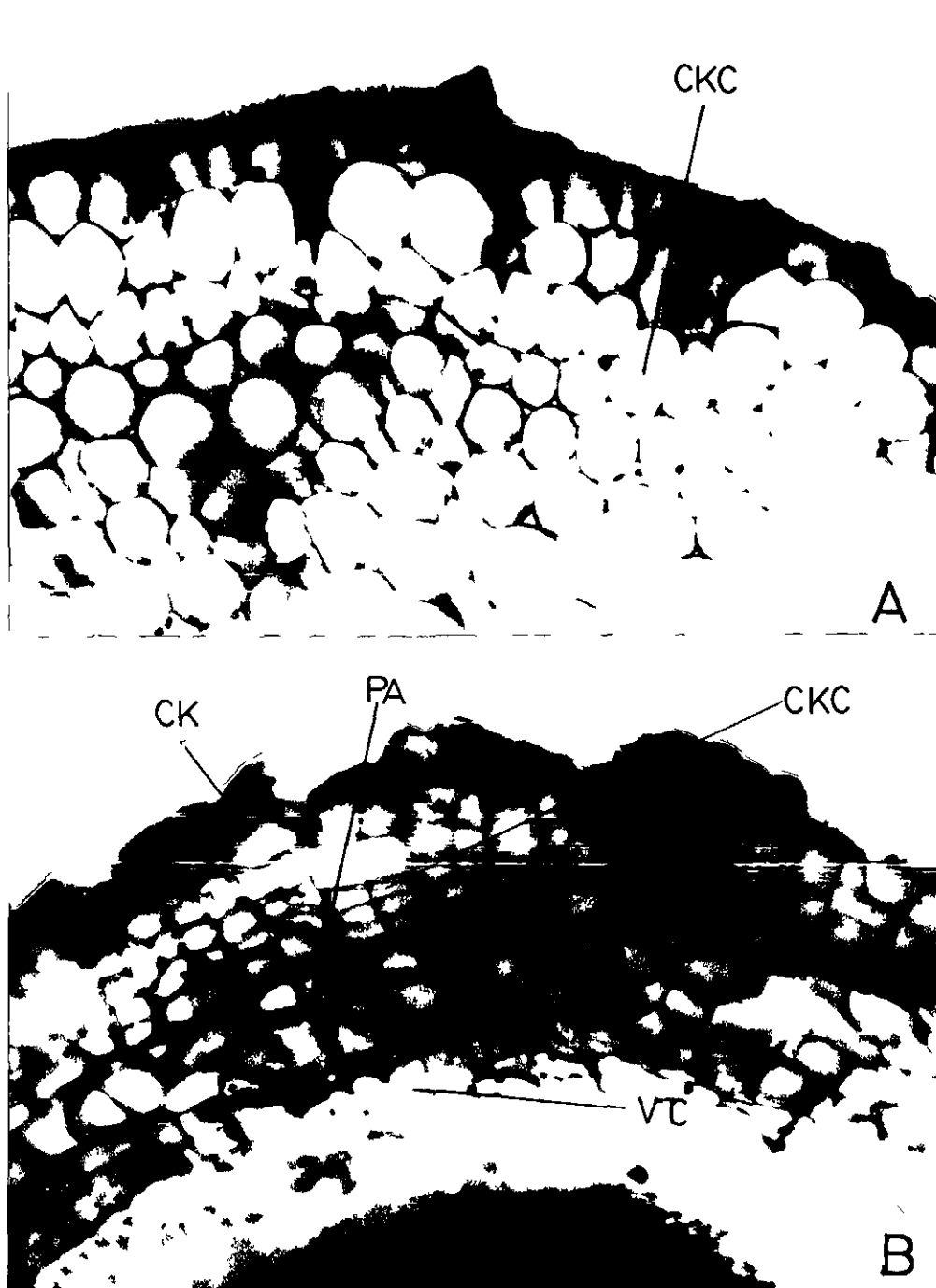
B ภาพขยายบริเวณสตีล แสดง Protoxylem (PX) 4 กลุ่ม, Procambium (CP) ที่กำลังเปลี่ยนแปลงเป็น Metaxylem, Primary phloem (P_1), Pericycle (PR), Endodermis (EN)

(x 500)



ภาพประกอบ 50 รากที่มีการเจริญเติบโตระยะที่สองตัดตามขวาง แสดง Vascular cambium (VC), Primary phloem (P_1), Primary xylem (X_1), Secondary vascular tissue (SC_2) (X 1000)

ภาพประกอบ 51 รากที่มีการเจริญเติบโตระยะที่สองตัดตามขวาง แสดง Primary xylem (X_1), Secondary xylem (X_2), Included phloem (IP) (x 660)



ภาพประกอบ 52 รากที่มีการเจริญเติบโตระยะที่สองตัดตามขวาง

A แสดง Cork cambium (CKC) ที่เริ่มเกิด (x 200)

B แสดงเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วย Cork (CK), Cork cambium (CKC), Cortical parenchyma (PA), Vascular cambium (VC), Vascular tissue (VT) (x 660)



ภาพประกอบ ๕๕ ปลายยอดตัดตามยาว ผ่านชอกใบคู่ที่ 2 แสดง Axillary bud primordium (ABP) และ Thorn bud primordium (TBP), Tunica (T) 1 แถว, Corpus (C) ของปุ่มตาหนามและปุ่มตากิ่ง แบ่งตัวขนานกับผิว (x 1000)

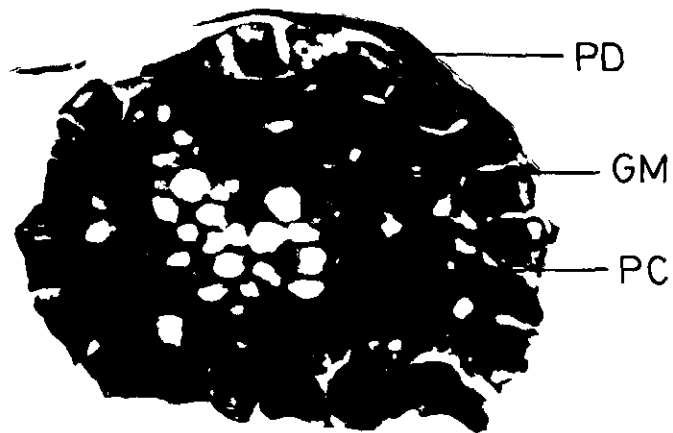


ภาพประกอบ 54 ตาหนามตัดตามยาว แสดงเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด (AP), ปุ่มใบหรือ
 ปุ่มหนาม (LP), Procambium ที่แยกไปเลี้ยงตาหนาม (PC_1) และ
 เลี้ยงปุ่มหนาม (PC_2) (x 160)

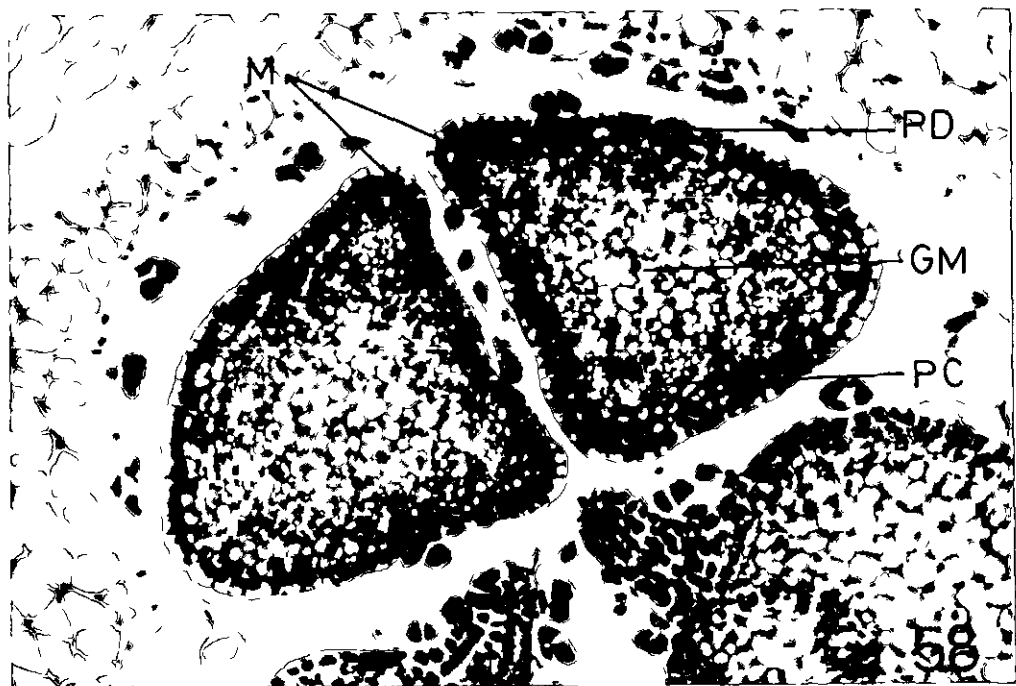
ภาพประกอบ 55 ตาหนามและตากลิ่งตัดตามยาว แสดงปุ่มหนาม (TP) และหนามคู่ที่ 1
 (TH_1) ของตาหนาม , ปุ่มใบ (LP) และโคนใบคู่ที่ 1 (L_1) ของ
 ตากลิ่ง (x 160)



ภาพประกอบ 56 ลำต้นข้อที่ 4 ตัดตามยาว แสดงตาหนาม (TB), ตากิ่ง (AB) และ
ใบคู่ที่ 4 (L_4) (x 50)

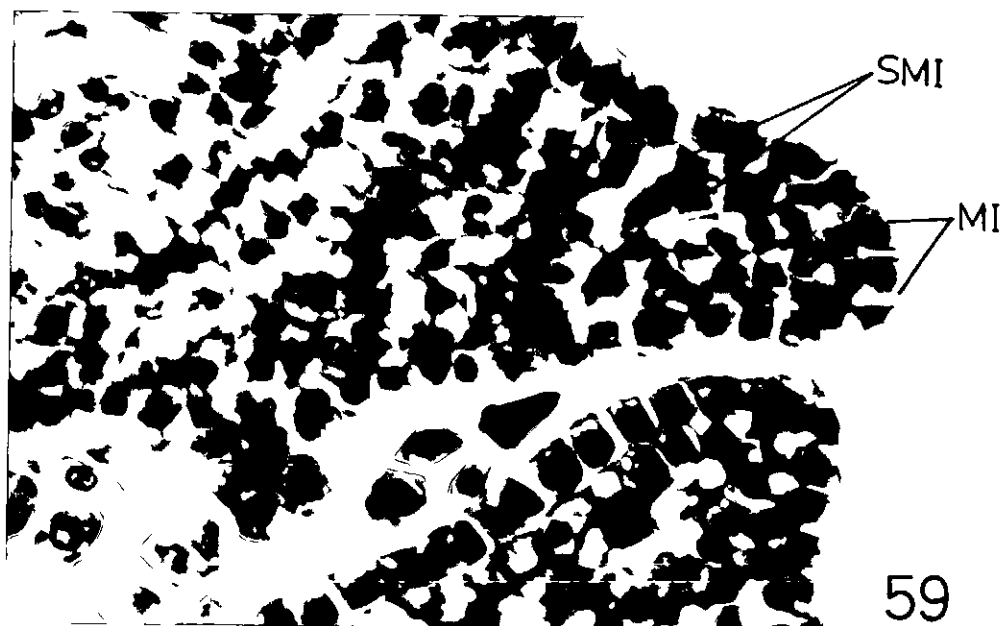


57



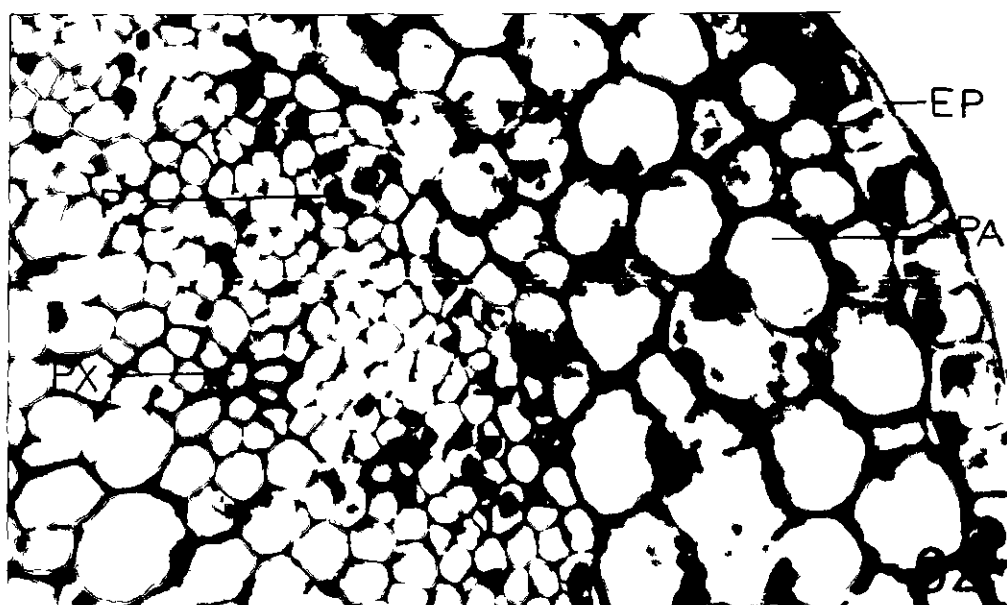
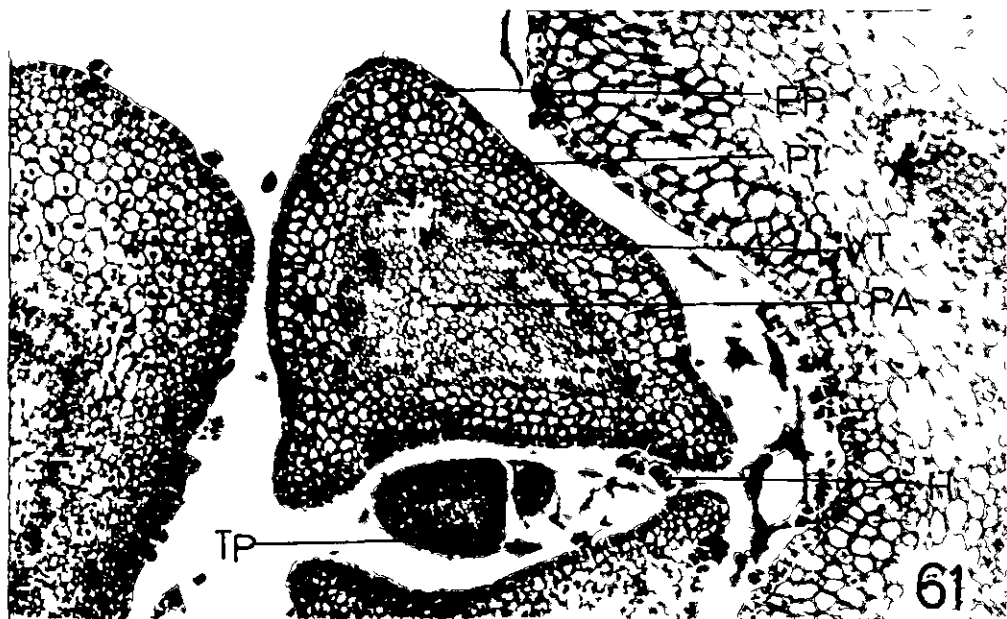
ภาพประกอบ 57 ปุ่มหนามตัดตามขวาง แสดง Protoderm (PD), Ground meristem (GM), Procambium (PC) (x 2000)

ภาพประกอบ 58 ปุ่มหนามตัดตามขวาง แสดง Marginal meristem (M) ทางด้านใน , Protoderm (PD), Ground meristem (MG), Procambium (PC) ที่แกนของหนาม (x 500)



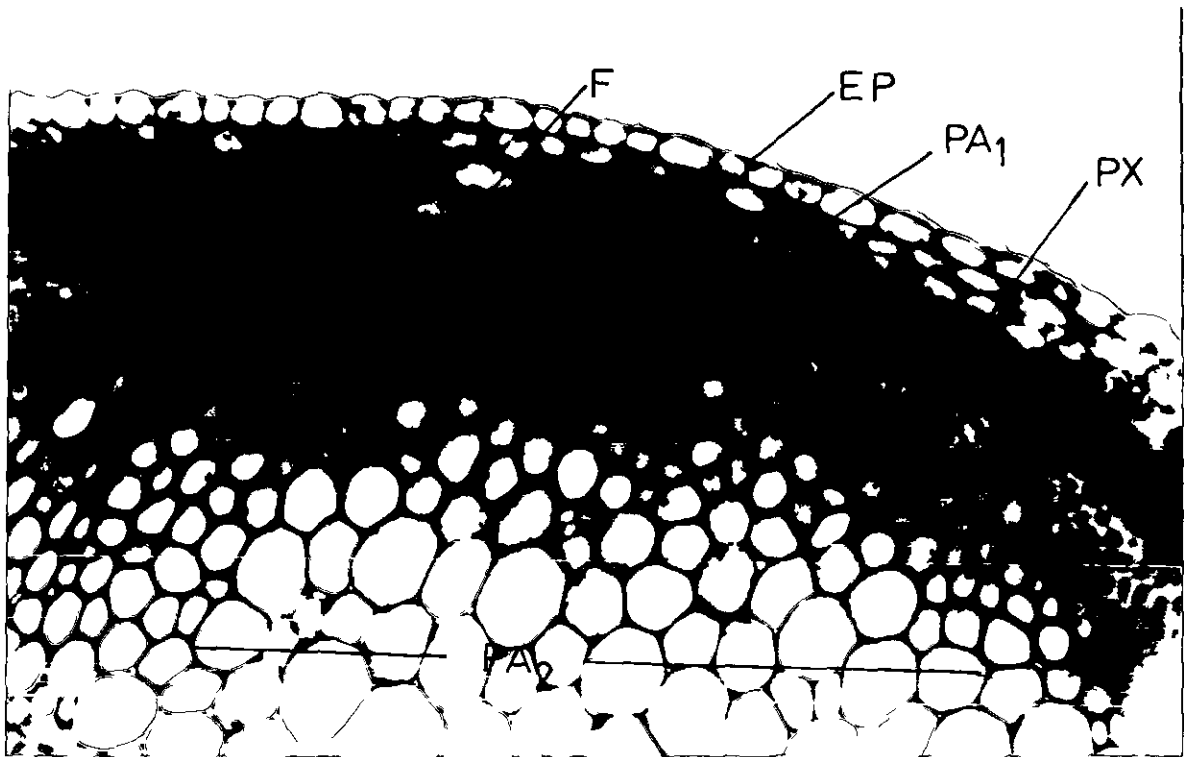
ภาพประกอบ 59 ทนาคัดตามขวาง แสดง Marginal meristem ระยะที่มีเซลล์ 5 และ 6 - 7 แถว , Marginal initial (MI) แบ่งตัวตั้งฉากกับผิว, Submarginal initial (SMI) แบ่งตัวขนานกับผิว (x 1600)

ภาพประกอบ 60 ทนาคัดตามขวาง แสดง Protoxylem (PX), Procambium (PC) ที่คล้ายจะเป็น Assessor bundle (x 800)



ภาพประกอบ 61 ทนาคัดตามขวาง แสดงชั้นผิว (EP), หน่อผิว (H), พาเรงคิมา (PA) ในคอร์เทกซ์ เนื้อเยื่อลำเลียง (VT) และพาเรงคิมา (PI) ตรงกลาง ปุ่มหนาม (TP) ชัดที่ต่ำกว่า (x 500)

ภาพประกอบ 62 ทนาคัดตามขวาง แสดงชั้นผิว (EP), พาเรงคิมา (PA) ในคอร์เทกซ์, Protoxylem (PX) และ Protophloem (P) ในเนื้อเยื่อลำเลียง (x 2000)



ภาพประกอบ 63 หนามที่เจริญเต็มที่ได้จากลำต้นข้อที่ 9 ตัดตามขวาง แสดงชั้นผิว (EP),
 ภาเรงคิม่า (PA₁) ไนคอร์เทกซ์, ไฟเบอร์ (F) ที่เกิดจากโพลเอม,
 Protoxylem (PX), ภาเรงคิม่า (PA₂) ที่บริเวณทิส (x 660)

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อศึกษากายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตของส่วนปลายยอด ลำต้น ใบ ราก และหนาม
2. เพื่อศึกษาลักษณะของการเกิดหนาม และการตีความของส่วนที่เป็นหนาม

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

ศึกษากายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโต เฉพาะส่วนปลายยอด ลำต้น ใบ ราก และหนาม ของเสลศังหอนชนิด Barleria lupulina Lindl.

วิธีการศึกษาค้นคว้า

ศึกษาเนื้อเยื่อพืชจากสไลด์ถาวรที่เตรียมขึ้น ตามวิธีของ Johansen (1940) และดัดแปลงบางวิธีการ

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

1. กายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตของบริเวณปลายยอด
เนื้อเยื่อเจริญปลายยอดของเสลศังหอน (Barleria lupulina Lindl.) มีรูปร่างโค้งงอแบบรูปโกม มีความกว้างโดยวัดจากขอบความโค้งด้านหนึ่งเป็นแนวตรงไปยังขอบความโค้งอีกด้านหนึ่งเฉลี่ยได้ 194 ไมครอน และความสูงวัดตามแนวตั้งฉากจากฐานไปยังส่วนสูงสุดของความโค้งเฉลี่ยได้ 66 ไมครอน เนื้อเยื่อเจริญเริ่มต้นที่ส่วนปลายประกอบด้วย ทุติกา 2 แถว แต่ละแถวมีเซลล์ประมาณ 18 - 20 เซลล์ และคอร์รัสมีเซลล์นับได้ประมาณ 3 - 5 แถว แต่ละแถวมีเซลล์ประมาณ 18 - 20 เซลล์

บริเวณขอบความโค้งรูปโดม เป็นแหล่งกำเนิดใบ โดยเริ่มเกิดจากเซลล์ของทูนิกา แบ่งตัวให้ฐานใบแรกเกิด ซึ่งจะเจริญต่อไปเป็นระยะปุ่มใบ ระยะที่จะสร้างแผ่นใบ ระยะใบอ่อน และระยะใบที่เจริญเต็มที่ตามลำดับ ปุ่มของตากิ่งเริ่มกำเนิดขึ้นที่ขอบของใบอ่อน คู่ที่ 1 ซึ่งจะเจริญต่อไปตามลำดับ จนเป็นตากิ่งที่เจริญเต็มที่ มีการสร้างใบของตากิ่ง และได้เป็นกิ่งที่เจริญยืดยาวขึ้น ส่วนปุ่มของตากิ่งเริ่มกำเนิดที่ขอบของใบอ่อนคู่ที่ 2 แล้วเจริญต่อไปตามลำดับ เช่นเดียวกัน มีการสร้างหนามหลายอันจนเป็นหนามที่ขอบใบ ซึ่งมีลักษณะและโครงสร้างเป็นกิ่งเช่นเดียวกัน โดยเทียบหนามแต่ละอันได้เท่ากับใบ ที่มีการลดรูปของแผ่นใบ

สำหรับ เซลล์ของคอร์ทิส มีการแบ่งตัวได้เซลล์ที่เจริญเติบโตต่อไปเป็นส่วนของลำต้น และเป็นการเจริญเติบโตที่ทำให้ลำต้นยืดยาวขึ้น

2. กายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตของลำต้น

ลำต้นมีสังเขปตามขวางเป็นรูปรี หรือคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งมีมุมมน และเมื่อใกล้ยอดจะรีมากขึ้น เนื่องจากมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันใบแยกออกไปทางด้านข้างทั้งสองด้าน มีโครงสร้างและขั้นตอนการเจริญเติบโตดังต่อไปนี้

กายวิภาคของลำต้นที่มีการเจริญเติบโตระยะแรก

ถัดจากเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลายที่เป็นต้นกำเนิดคือ ทูนิกาและคอร์ทิส จะเป็นเนื้อเยื่อเจริญที่มีเซลล์ลักษณะเหมือน ๆ กัน เรียกว่า Promeristem เนื้อเยื่อเจริญระยะนี้จะอยู่ในตำแหน่งเหนือปุ่มใบ

ลำต้นที่ตำแหน่งข้อของปุ่มใบ จะประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญที่มีเซลล์ลักษณะเปลี่ยนแปลงไปจนเห็นลักษณะต่างกัน แยกได้เป็น 3 บริเวณ ตามลักษณะและการเจริญเติบโตต่อไปของเซลล์ คือ บริเวณ Protoderm, Ground meristem และ Procambium ซึ่งรวมเรียกเนื้อเยื่อในระยะนี้ว่า Primary meristem การเจริญเติบโตระยะนี้จะมีอยู่ต่อไปจนถึงช่วงลำต้นปล้องที่ 1

ในช่วงลำต้นข้อที่ 1 และปล้องที่ 1 มีการเจริญเติบโตระยะที่มี Primary meristem ซึ่งประกอบด้วย Protoderm ที่ประกอบด้วยเซลล์ 1 แถว ซึ่งบางเซลล์กำลังเปลี่ยนแปลงไปเป็นขน เห็นวง Procambium เป็นแนวรอบลำต้น นับเซลล์ตามขวางแนวได้ 5 - 7 เซลล์ ลักษณะของแนวเหมือนแหงกอยู่ท่ามกลาง Ground meristem ทำให้แบ่ง Ground meristem ออกเป็น 2 บริเวณ คือ บริเวณนอกซึ่งต่อไปจะให้กำเนิดชั้นคอร์เทกซ์ และบริเวณใน ซึ่งต่อไปจะให้กำเนิดบริเวณพิธในชั้นสกีล

ในช่วงลำต้นข้อที่ 2 จนถึงปล้องที่ 3 มีการเจริญเติบโตระยะ Primary growth ที่เห็นชัดเจนขึ้น โดย Primary meristem ทั้ง 3 เจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงไปเป็นเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของลำต้น ทำให้โครงสร้างของลำต้นที่มีการเจริญเติบโตระยะแรก (Primary structure) แบ่งเป็นบริเวณหรือชั้นต่าง ๆ ได้ 3 ชั้นคือ

ชั้นผิวหนัง เจริญมาจาก Protoderm ซึ่งต่อมาจะมีการเพิ่มจำนวนแถว จนกระทั่งประกอบด้วยเซลล์ 2 - 3 แถว จัดเป็น Multiple epidermis เซลล์ผิวหนังนอกของชั้นนี้ มีคิวติเคิลหนา มีกลุ่มเซลล์ที่เป็นขนทั้งชนิดที่ส่วนปลายมีต่อม และชนิดที่ส่วนปลายไม่มีต่อม กลุ่มเซลล์ขนชนิดที่ส่วนปลายมีต่อมประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ฐาน ซึ่งมีเซลล์ 1 เซลล์ อยู่ในระดับเดียวกับเซลล์ผิวหนังอื่น ๆ ก้านประกอบด้วย 2 - 3 เซลล์ เรียงต่อกัน และส่วนหัวประกอบด้วยเซลล์ 8 เซลล์ เรียงเป็นกลุ่มในแนวรัศมี ลักษณะเซลล์ของส่วนหัวเป็นเซลล์ที่มีไฮโดรไลซิมเข้มข้นมาก คงทำหน้าที่สร้างสารบางอย่าง ส่วนกลุ่มเซลล์ขนชนิดที่ส่วนปลายไม่มีต่อม จะมีลักษณะที่ประกอบด้วยเซลล์ฐาน 1 เซลล์ และส่วนปลาย 1 เซลล์ นอกจากนี้ยังพบเซลล์คุ่มอยู่ข้าง ๆ ขอบปากใบ เซลล์คุ่มอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าเซลล์ผิวหนังอื่น ๆ เล็กน้อย จึงทำให้ชั้นผิวหนังของลำต้นเว้าลงเป็นช่อง ๆ ตรงตำแหน่งที่มีปากใบ และยังมีเซลล์ Lithocyst ซึ่งภายในมีผลึก แคลเซียมคาร์บอเนต ลักษณะเป็นก้อนผิวหนังขรุขระ แห้งอยู่เป็นระยะ ๆ ที่ชั้นผิวหนังรอบลำต้น

ชั้นคอร์เทกซ์ เจริญมาจาก Ground meristem บริเวณนอก อยู่ถัดจากชั้นผิวหนังเข้าไป ประกอบด้วยเซลล์ประมาณ 14 - 16 แถว มีเซลล์อยู่ 3 ชนิด คือ เซลล์คอลเลงคิมา ชนิดที่ผนังหนาตามมุม อยู่บริเวณรอบนอกเรียงตัวเป็นแถวโดยรอบลำต้น มีประมาณ 4 - 6 แถว

ใต้แถวของคอลเลจคิมา มีกลุ่มเซลล์คอลเลจคิมา ซึ่งภายในมีคอลโรพลาสต์จำนวนมากเป็นพิเศษ เรียงอยู่เป็นแถวนับได้ 3 - 4 แถว ถัดจากบริเวณคอลเลจคิมาเข้าไป เป็นกลุ่มเซลล์พาเรงคิมา ประมาณ 5 - 6 แถว ซึ่งมีขนาดของเซลล์โดยทั่วไปวัดในแนวผ่านกลางเซลล์ได้ประมาณ 55 - 80 ไมครอน ภายในเซลล์มีผลึกแคลเซียมออกซาเลต รูปเข็มอยู่มากมาย

ชั้นสตีล อยู่ถัดจากคอร์เทกซ์เข้าไป จะมีเนื้อเยื่อลำเลียงประกอบด้วยเนื้อเยื่อไซเลม และเนื้อเยื่อโพลีเอม ซึ่งเนื้อเยื่อไซเลมจะประกอบด้วยเซลล์เวสเซล และเทรทิด เรียงตัวเป็นแถวในแนวรัศมี แถวละ 2 - 5 เซลล์ มีแถวของเซลล์พาเรงคิมา 1 แถวแทรกอยู่ระหว่างแถวของเซลล์เวสเซลและเทรทิด จากการศึกษพบว่า การเจริญของไซเลมในลำต้นนั้นเป็นแบบ Endarch คือ Protoxylem เจริญก่อนอยู่ด้านใน และเกิด Metaxylem ขึ้นทีหลังในแนวนอกของ Protoxylem เนื้อเยื่อโพลีเอม ประกอบด้วยเซลล์หลอดตะแกรง เซลล์ประภ และเซลล์พาเรงคิมา และจะอยู่ด้านนอกของเนื้อเยื่อลำเลียง หรืออยู่ถัดออกไปจาก Metaxylem โดยเรียงตัวอยู่ในแนวเดียวกัน

ถัดจากเนื้อเยื่อลำเลียงเข้าไปจะเป็นทิส ซึ่งอยู่ส่วนกลางของลำต้น บริเวณทิสประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา ส่วน ๆ ซึ่งเซลล์มีขนาดใหญ่กว่าพาเรงคิมาในชั้นคอร์เทกซ์ โดยทั่วไปมีขนาดที่วัดในแนวผ่านกลางเซลล์ได้ประมาณ 50 - 150 ไมครอน และภายในเซลล์มีผลึกแคลเซียมออกซาเลตรูปเข็ม หนาแน่นมาก

จากปลายยอดจนถึงช่วงปล้องที่ 3 นับว่าเป็นช่วงที่มีการเจริญเติบโตระยะแรก ที่มีโครงสร้างของเนื้อเยื่อบริเวณต่าง ๆ เจริญอย่างเต็มที่

กายวิภาคของลำต้นที่มีการเจริญเติบโตระยะที่สอง

จะเริ่มพบ Vascular cambium ที่ปล้องที่ 4 ในระยะแรกจะเห็น Vascular cambium เริ่มเกิดทางด้านแคบของลำต้นหรือด้านที่เป็นตำแหน่งก้านใบก่อน โดยเกิดขึ้นเป็นแนวอยู่ระหว่าง Primary xylem และ Primary phloem ต่อมาจะเกิดทางด้านกว้างของลำต้นด้วย ทำให้แนวแคบเบียดตัวเนื่องกันเป็นวงในปล้องที่ 5 ในระยะปล้องที่ 6 พบว่า Secondary xylem เจริญดี เกิดต่อเนื่องกันทางด้านในของแนวแคบเบียด และจะมี

Secondary phloem เกิดเป็นกลุ่มเล็ก ๆ กลุ่มละ 3 - 5 เซลล์ แทรกอยู่ในเนื้อเยื่อไซเลม มีลักษณะเป็น Included phloem แสดงว่าเนื้อเยื่อลำเลียงที่เกิดในการเจริญเติบโตระยะที่สอง เกิดทางด้านในของแนวแกนเปี่ยม เนื้อเยื่อไซเลมประกอบด้วย เซลล์เวสเซล และเทรคีด เรียงเป็นแถวในแนวรัศมี ระหว่างแถวเหล่านี้มีแนวของไซเลมพาเรงคิมาที่เป็นเซลล์มีผนังหนาแทรกอยู่ 1 แถว ภายในเซลล์เป็นลักษณะของเซลล์สะสมอาหารหรือลาร์วอย่าง และยังพบว่า มีไซเลมไฟเบอร์เกิดขึ้นแทรกอยู่เป็นแนวเช่นกัน ไซเลมพาเรงคิมาของการเจริญเติบโตระยะแรก ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งในสุดใกล้บริเวณคิ มีการเปลี่ยนแปลงเป็นไฟเบอร์ที่มีผนังหนาโดยเกิดเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 2 - 3 เซลล์

ที่ชั้นคอร์เทกซ์บริเวณนอกหรือที่อยู่ใต้ผิวจะพบกลุ่มไฟเบอร์ที่ผนังหนามาก ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเซลล์คอลเลงคิมา เกิดขึ้นกลุ่มละ 3 - 5 เซลล์ โดยรอบลำต้น ไฟเบอร์เหล่านี้มีผนังหนามากกว่าไฟเบอร์ใกล้ผิว และพบสเกลลอร์ดที่เปลี่ยนแปลงมาจากพาเรงคิมาของคอร์เทกซ์บริเวณในเกิดขึ้นอย่างกระจายทั่วไป นอกจากนี้ยังพบเอนโดเดอร์มิสที่เห็น Casparian strip ได้ชัดเจน

ที่ชั้นผิวนอกของลำต้นบริเวณปล้องที่ 7 จนถึงปล้องที่ 9 ประกอบด้วยเซลล์ 4 แถว พบเซลล์ Lithocyst ขนาดใหญ่เป็น 3 เท่าของเซลล์ผิวทั่ว ๆ ไป ส่วนเซลล์ขนาดเล็กจำนวนน้อยลงกว่าการเจริญเติบโตระยะแรก และพบว่าที่ชั้นผิวของลำต้นปล้องที่ 9 ยังไม่มีการสร้างเพริเคิร์ม

การเจริญเติบโตระยะที่สองของลำต้นเป็นการเจริญเติบโตที่ผิดไปจากแบบแผน เรียกว่าเป็น Anomalous growth

3. กายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตของใบ

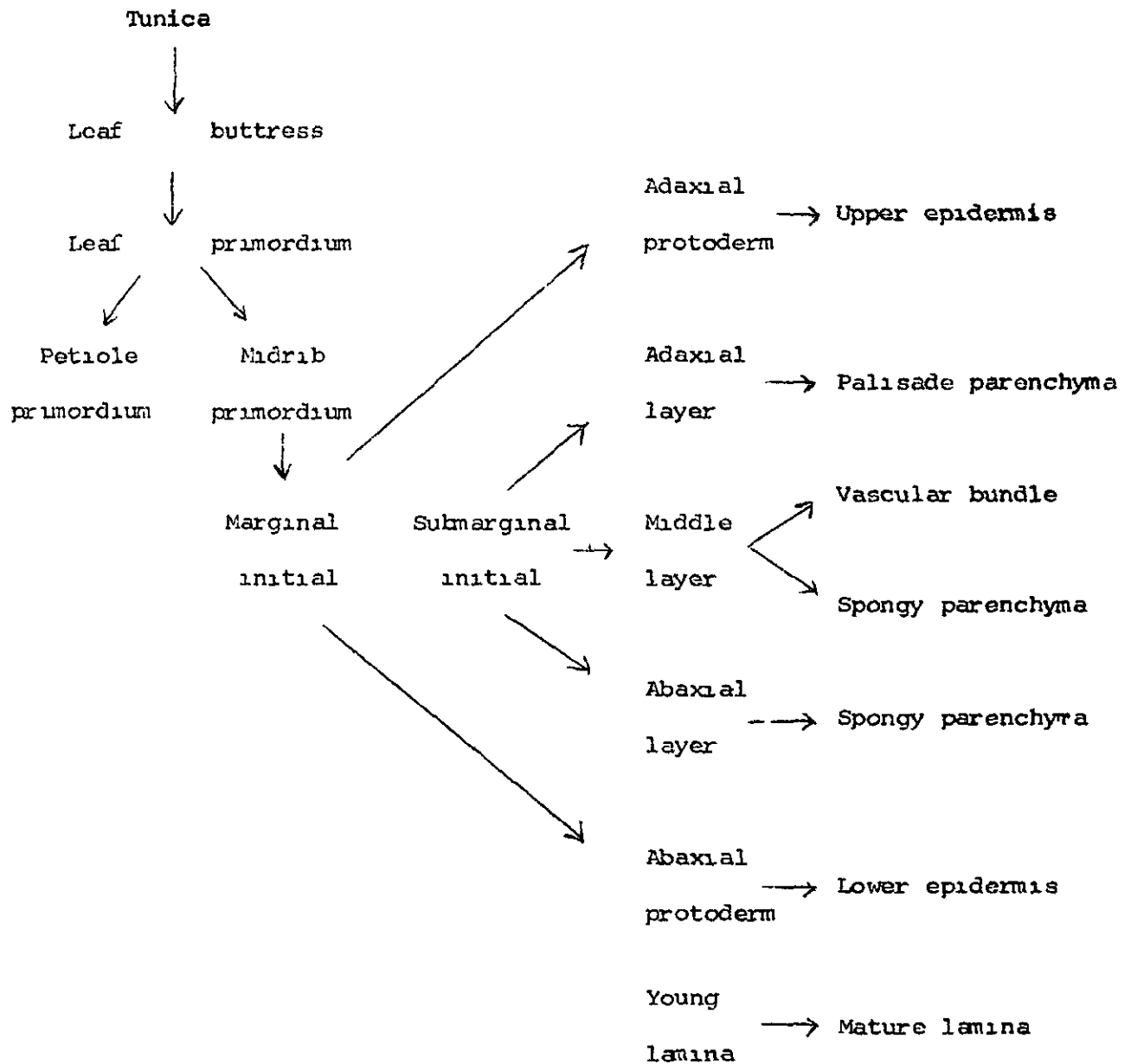
การเจริญเติบโตของใบ เสด็จทั้งหมอนมีกำเนิดจากชั้นทูนิกา โดยเซลล์ตรงตำแหน่งขอบของความโค้งรูปโคเมแบ่งตัว เริ่มจากทูนิกาแถวแรกแบ่งตัวแบบตั้งฉากกับผิว และทูนิกาแถวที่สองแบ่งตัวแบบขนานกับผิว ทำให้เนื้อเยื่อเจริญยืดยาวขึ้นจากผิวเดิมได้เป็นกลุ่มเนื้อเยื่อฐานใบแรกเกิด ต่อไปเนื้อเยื่อฐานใบแรกเกิดจะแบ่งตัวเจริญจนเป็นปมใบ โดยเซลล์แถวนอกแบ่งตัวแบบตั้งฉากกับผิว ในขณะที่เซลล์ภายในแบ่งตัวหลายแนว ทำให้เนื้อเยื่อเจริญยืดยาวขึ้น

ไปอีกและหนาขึ้น และเริ่มมีเนื้อเยื่อ Procambium แยกจากลำต้นไปเลี้ยงเนื้อเยื่อเจริญ กลุ่มนี้ที่เรียกว่า ปุ่มใบ ระยะปุ่มใบเป็นระยะเริ่มต้นของการกำเนิดเป็นใบที่สมบูรณ์ ปุ่มใบมีสังเขปตามแนวตั้งขวางเป็นรูปครึ่งทรงกลม เมื่อปุ่มใบเจริญเพิ่มขึ้นจนเข้าสู่ระยะที่ส่วนก่อนไปทางปลายจะสร้างแผ่นใบ และส่วนที่ค่อนข้างโคนหรือใกล้ลำต้นจะเจริญเป็นก้านใบ ส่วนที่สร้างแผ่นใบซึ่งเรียกว่า Midrib primordium จะเริ่มมี Marginal meristem เกิดขึ้นทางด้าน Adaxial ของ Midrib primordium ส่วนบริเวณที่จะเจริญเป็นก้านใบ ซึ่งเรียกว่า Petiole primordium จะไม่มี Marginal meristem

ในการสร้างแผ่นใบในระยะเริ่มแรก (Lamina primordium) จะเริ่มโดย Marginal meristem ซึ่งประกอบด้วย Marginal initial แถวนอก 1 แถว และ Submarginal initial ที่อยู่ภายในแบ่งตัว โดยเซลล์ของ Marginal initial แบ่งแบบตั้งฉากกับผิวโดยรอบ ส่วน Submarginal initial แบ่งแบบขนานกับผิว ผลที่สุดทำให้เซลล์ภายในเพิ่มขึ้นเป็น 3 แถว เมื่อรวมกับเซลล์ที่ผิวโดยรอบ จึงได้เป็นแผ่นใบที่มีเซลล์ 5 แถว เรียงลำดับจากแถวที่ผิวบนไปยังแถวที่ผิวล่าง คือ Adaxial protoderm, Adaxial layer, Middle layer, Abaxial layer และ Abaxial protoderm ในขณะนี้อะไหล่ในเส้นกลางใบหรือแกนของแผ่นใบจะมีการเจริญเติบโตจนถึงระยะที่มี Primary meristem แยกให้เห็นเป็น 3 บริเวณ เซลล์ของ Protoderm ทั้งสองด้านมีการแบ่งตัวตั้งฉากกับผิว และมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและลักษณะภายในของเซลล์ บางเซลล์เริ่มเปลี่ยนแปลงเป็นขนทั้งสองชนิด คือชนิดที่ส่วนปลายมีต่อม และชนิดที่เป็นเซลล์เดี่ยว เซลล์ใน Adaxial layer มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นเซลล์รูปยาวขึ้นหรืออาจแบ่งตัวในแนวตั้งฉากกับผิวเพื่อเพิ่มจำนวนให้รับกับแผ่นใบที่ยืดยาวออกไปจากเส้นกลางใบมากขึ้น สำหรับเซลล์ใน Abaxial layer ก็มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและขนาดเซลล์ใหญ่ขึ้น ส่วนเนื้อเยื่อกลางแผ่นใบเจริญเพิ่มขึ้นโดย Middle layer แบ่งตัวขนานกับผิว เพิ่มจำนวนแถวของเนื้อเยื่อกลางแผ่นใบจนได้เป็น 6 - 7 แถว บางเซลล์ของเนื้อเยื่อกลางแผ่นใบนี้จะแบ่งตัวหลายแนวซ้ำ ๆ กันหลายครั้ง จนเป็นกลุ่มเซลล์ขนาดเล็กที่มีลักษณะเป็น Procambium ที่ต่อไปจะเจริญเป็นเนื้อเยื่อลำเลียง ในขณะที่บางเซลล์ไม่ได้แบ่งตัว

การเจริญเติบโตจะดำเนินต่อไปโดยการแบ่งตัวและเปลี่ยนแปลงรูปร่างและโครงสร้างของเซลล์ โดยไปเพิ่มจำนวนแถวของแผ่นใบ จนในที่สุดได้แผ่นใบที่เจริญเต็มที่ประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ ดังนี้ ผิวบนและผิวล่างประกอบด้วยเซลล์ 1 แถว ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ชนิดที่เว้นปลายมีค่อม และชนิดเซลล์เกี่ยว เซลล์เก็บผลึกชนิด Lithocyst, เซลล์กุ่ม เซลล์ข้างเคียงเซลล์กุ่ม ซึ่งมีการเรียงตัวรอบปากใบเป็นแบบ Diacytic และอยู่ในระดับสูงกว่าเซลล์ผิวอื่น ๆ เล็กน้อย จึงจัดว่าเป็นปากใบแบบ Raised stoma พบปากใบเฉพาะผิวล่างเท่านั้น จึงจัดว่าเป็นใบแบบ Hypostomatic ชั้นกลางใบประกอบด้วยเซลล์เหลี่ยม 1 แถว อยู่ทางด้านใกล้ผิวบน และเซลล์สันจี 3 - 4 แถวอยู่ทางด้านใกล้ผิวล่าง จึงจัดว่าเป็นใบชนิด Adaxial palisade ในชั้นนี้พบเนื้อเยื่อลำเลียง ซึ่งมีเนื้อเยื่อไซเลม อยู่ใกล้ทางด้านผิวบน และเนื้อเยื่อโฟลเอ็ม อยู่ใกล้ทางผิวล่าง โดยมี Protoxylem อยู่ใกล้ด้านผิวบน ที่เส้นกลางใบมีกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียงขนาดใหญ่ที่สุด การเรียงตัวของเซลล์ บริเวณเส้นกลางใบจะคล้ายใบเล้าต้น ที่มีการเจริญระยะแรก แผ่นใบแก่จะหนาประมาณ 99 - 110 ไมครอน โครงสร้างของแผ่นใบทางด้านบนและด้านล่างประกอบด้วยเนื้อเยื่อต่างกัน จึงจัดเป็นใบแบบ Dorsiventral หรือ Bifacial

สรุปการเจริญเติบโตของใบ ตั้งแต่เริ่มกำเนิด จนไปถึงใบระยะที่เจริญเต็มที่ จะสรุปได้ดังนี้



4. กายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตของราก

กายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตบริเวณปลายราก

เนื้อเยื่อเจริญปลายราก ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญเริ่มต้นที่ส่วนปลายเรียงตัวเป็น 3 แถว ถัดขึ้นไปเป็นเนื้อเยื่อเจริญ ที่มีลักษณะเซลล์เหมือน ๆ กัน เรียกว่า ภูมิภาคบริเวณขึ้นไป หรือเมื่อสูงขึ้นไปประมาณ 50 ไมครอน จากปลายราก จะพบเนื้อเยื่อเจริญ ลักษณะเซลล์แตกต่างกันแยกได้เป็น 3 บริเวณ เรียกว่า Primary meristem ได้แก่ Protoderm เป็นเนื้อเยื่อเจริญ 1 แถวที่ต่อไปจะเจริญเป็นชั้นผิวนอก Procambium เป็นเนื้อเยื่อเจริญที่อยู่ตรงกลางสุด บางเซลล์ขยายขนาดและยืดยาวขึ้น ต่อไปเจริญเป็นเนื้อเยื่อลำเลียง และ Ground meristem เป็นเนื้อเยื่อเจริญ ที่ต่อไปเป็นเนื้อเยื่ออื่นของราก

กายวิภาคของรากที่มีการเจริญเติบโตระยะแรก

รากที่มีการเจริญเติบโตระยะแรก ประกอบด้วยเนื้อเยื่อที่เจริญมาจาก Primary meristem ทำให้โครงสร้างของการเจริญเติบโตระยะแรก มี 3 ชั้น คือชั้นผิวนอก เจริญมาจาก Protoderm ประกอบด้วยเซลล์ผิว และเซลล์ขนราก ชั้นคอร์เท็กซ์ หรือชั้นกลาง หรือชั้นที่อยู่ระหว่างผิว เจริญมาจาก Ground meristem ประกอบด้วยเซลล์พาเร็นไคมา ทั้งหมด ที่เซลล์มีเรียงตัวอยู่ในแนวรัศมี เซลล์แถวในสุด จะเห็นได้ชัดเจนในระยะต่อมาว่าเป็นเอนโดเดอร์มิส เพราะพบ Casparian strip และบางครั้งพบช่องอากาศขนาดใหญ่ในชั้นนี้ด้วย ชั้นลึกละ ประกอบด้วย เนื้อเยื่อลำเลียง และเนื้อเยื่อรอบ ๆ เนื้อเยื่อลำเลียง เรียกว่า เพรไซเคลิซ ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ได้ 2 แถว ทั้งสองบริเวณนี้เจริญมาจาก Procambium

เนื้อเยื่อลำเลียงที่เริ่มเกิดขึ้น จะเห็น Protoxylem เริ่มเกิดเป็นกลุ่ม ๆ ประมาณ 2 - 5 กลุ่ม แล้วแต่ขนาดของราก กลุ่มละ 1 - 2 เซลล์ โดยมี Protophloem เกิดสลับกัน Metaxylem เกิดก่อนข้างใน แต่ในที่สุดก็เกิดจนเต็มกลางกลุ่มของ Protoxylem เป็นเกี่ยวกับ Metaphloem ที่เกิดตรงบริเวณถัดจาก Protophloem ทำให้ในระยะนี้ รากมีการเจริญเติบโตระยะแรกอย่างสมบูรณ์

กายวิภาคของรากที่มีการเจริญเติบโตระยะที่สอง

WU Vascular cambium เริ่มเกิดขึ้นระหว่างไซเลมและโฟลเอ็มของการเจริญเติบโตระยะแรก แกมเบียมแบ่งตัวให้เซลล์ที่ต่อไปจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ทางด้านในของไซเลมทั้งหมด โดยมีไซเลมเจริญดี เกิดเป็นแนวต่อเนื่องกัน และโฟลเอ็มเกิดเป็นกลุ่ม ๆ ละ 5 - 6 เซลล์ แทรกอยู่ในเนื้อเยื่อไซเลม เรียกว่า Included phloem ในที่สุดก็เนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นในการเจริญเติบโตระยะที่สอง ที่จัดเป็นการเจริญเติบโตแบบไม่เป็นไปตามแบบแผน เรียกว่า Anomalous growth

นอกจากนี้ยังพบว่าคอร์กแคมเบียมเกิดที่เนื้อเยื่อคอร์เทกซ์ บริเวณแถวที่ 2 - 3 ถัดจากชั้นผิวนอก เพื่อแบ่งตัวสร้างเนื้อเยื่อ เพริเดอร์ม แต่เซลล์คอร์ก มีจำนวนไม่มาก เพียง 2 - 3 แถว และเซลล์ของคอร์เทกซ์ก็ไม่เพิ่มขึ้น แสดงว่า คอร์กแคมเบียม แบ่งตัวได้น้อย

5. กายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตของหนาม

ปุ่มตาหนาม (Thorn bud primordium) เริ่มเกิดที่ซอกใบคู่ที่ 2 โดยอยู่ด้านนอกใกล้ใบ ในขณะที่ด้านใน หรือด้านใกล้ลำต้น มีตากิ่ง (Axillary bud) เกิดขึ้นมาก่อนแล้ว ตั้งแต่ซอกใบคู่ที่ 1 ลักษณะและการเจริญเติบโตของตาหนาม บ่งบอกว่าเป็นกิ่งเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงเรียกว่า ปุ่มตาหนาม มีเนื้อเยื่อลำเลียงแยกจากลำต้น ไปเลี้ยงเช่นเดียวกับการแยกไปเลี้ยงตากิ่ง บลายปุ่มจะเป็นเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด ที่มีรูปร่างโค้งงอแบบรูปโกม มีพูนิกา 1 แถว นอกนั้นเป็นคอร์กที่ขบความโค้งงอรูปโกม จะเกิดปุ่มหนาม (Thorn primordium) มีลักษณะคล้ายปุ่มใบ ซึ่งต่อไปจะมีการแบ่งตัว ทำให้ยืดยาวขึ้น คล้ายการยืดยาวของปุ่มใบ เมื่อปุ่มหนามเจริญมากขึ้น โครงสร้างจะประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญ 3 ชนิด คือ Protoderm, Ground meristem และ Procambium เห็นได้ก่อนข้างชัดเจน เช่นเดียวกับในเส้นกลางใบ และพบว่าแนวซอกด้านใน (Adaxial) มีเนื้อเยื่อเจริญลักษณะเดียวกันกับ Marginal meristem ของปุ่มใบ เกิดขึ้นเป็นแนวสองข้างของแกนปุ่มหนามนี้ การเจริญต่อไปของ Marginal meristem ของปุ่มหนาม ก็คล้ายกับใบใบก็มีการแบ่งตัวจนกระทั่งได้แผ่นใบอันระยะที่มีจำนวนเซลล์เรียงตัวกันหนา 5 แถว และ

ระยะที่มีจำนวนเซลล์ 6 - 7 แถว แต่ผ่านใบอ่อนแล้วไม่มีคยาวเพิ่มขึ้นจากแกนมากนัก แสดงว่าเป็นใบที่ลึกลับ ไม่มีแผ่นใบ โดยมีแกนของหนามเทียมได้กับเส้นกลางใบ มีโครงสร้างที่แบ่งเป็นชั้นต่าง ๆ ได้ 3 ชั้นเช่นกัน คือ ชั้นผิวนอก ประกอบด้วยเซลล์ 1 แถว เช่น เซลล์ผิว เซลล์ชั้นในซึ่งส่วนปลายมีค้อม ถัดไปเป็นชั้นคอร์เทกซ์ประกอบด้วยเซลล์หลายแถวเรียงกันหลายแถว ชั้นในสุดคือ ลึกลับ ซึ่งประกอบด้วยเนื้อเยื่อลำเลียงรอบบริเวณนอก และเนื้อเยื่อพาเร็นไคมา อยู่ทั้งบริเวณในสุด หรือผิว

เมื่อหนามแก่ขึ้น จะมีโครงสร้างภายในคล้ายกับบริเวณเส้นกลางใบ ที่เจริญเต็มที่ โดยรอบหนามจะไม่มีโครงสร้างเจริญเต็มที่ แต่เซลล์ได้ชั้นผิว ซึ่งเป็นคอร์เทกซ์จะเปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์พาเร็นไคมา ที่มีผนังหนา และเซลล์ของเนื้อเยื่อโลสเอ็ม จะเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ไพลเบอร์ รวมทั้งเซลล์บริเวณผิว ก็เปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์ผนังหนา ทำให้โครงสร้างของหนามแข็งแรง

จึงสรุปได้ว่า หนามหลายอันหรือหลายคู่ที่ข้อก้านของเสลดพังพอน เทียบได้กับกิ่งที่ประกอบด้วย หนามจำนวน 1 - 2 คู่ ซึ่งเทียบได้กับใบ จำนวน 1 - 2 คู่เช่นกัน ที่ลึกลับ ไม่มีการสร้างแผ่นใบ และการเจริญเติบโตของหนามโดยเฉพาะระยะแรก ไม่มีการสร้าง

Vascular cambium และ Cork cambium

อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า

1. การศึกษากายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตบริเวณปลายยอด

รูปร่างเนื้อเยื่อเจริญบริเวณปลายยอดของเสลดพังพอน (*Barleria lupulina* Lndl.) โกงุ่นแบบรูปโคมเหมือนกับพืชใบเลี้ยงคู่ทั่ว ๆ ไป (Foster. 1949 : 29) และจะลดความโค้งงอในระยะเริ่มสร้างฐานใบแรกเกิด (Leaf buttress) ซึ่งต่อไปเจริญให้ใบ (Leaf primordium) เนื่องจากกลุ่มเซลล์ที่จะเจริญให้ฐานใบแรกเกิดอยู่ตรงตำแหน่งขอบของความโค้ง จึงทำให้ส่วนสูงของความโค้งลดลง (Esau. 1965 : 104 - 109) และส่วนกว้างของความโค้งเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับความสูง เช่นเดียวกับในรายงานของเสลดพังพอน *Climacanthus nutans* Landau. (ศิริมณี สงรอด

2526 : 58) และของเนียม Strobilanthes niveus Craib (เพ็ญแสง ปุตะ
 2510 : 63) รายงานอื่น ๆ ที่อธิบายว่า ๖๕ ส่วนมากมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเนื้อเยื่อ
 เจริญปลายยอดระหว่างการเกิดปุ่มใบ เช่น ใน Rauwolfia vomitoria (Ma.
 1960 : 121 - 124) แต่บางชนิดอาจไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง เช่น Michelia fascata
 (Tucker. 1962 : 722 - 737) ตามปกติขนาดของเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดของพืช
 ใบเลี้ยงคู่ส่วนมาก มีค่าตั้งแต่ 130 - 200 ไมครอน (Foster. 1949 : 30) ใน
 เสดกทั้งพอน Barleria lupulina Landl. มีขนาด 194 ไมครอน ส่วนของ
 เสดกทั้งพอน (Climacanthus nutans Lindau.) มีขนาด 112.5 ไมครอน
 (กิริมีตี สงรอก 2526 : 58) ทุติกาของเสดกทั้งพอน (Barleria lupulina
 Lindau.) มี 2 แถว แต่ของเสดกทั้งพอน (Climacanthus nutans Lindau.)
 มี 1 - 2 แถว (กิริมีตี สงรอก 2526 : 58) พืชในวงศ์ Acanthaceae ที่มี
 ทุติกา 2 แถว เหมือนเสดกทั้งพอน เช่นเนียม Strobilanthes niveus Craib
 (เพ็ญแสง ปุตะ 2510 : 72) พืชใบเลี้ยงคู่วงกึ่งก็ให้มีทุติกา 2 แถว เช่น กระเหราแดง
Ocimum sanctum Linn. (พรทิพย์ ธาณิรัตน์ 2526 : 47) ยางพารา Hevea
brasiliensis Willd. ex. a. Juss. (ประศาสตร์ เกี่ยมตี 2528 : 27)
 พืชใบเลี้ยงคู่ที่มีทุติกามากกว่า 2 แถว เช่น Rauwolfia vomitoria มี 3 - 5 แถว
 (Ma. 1960 : 121 - 124) ใน Hiburnum rufidulum มี 4 แถว (Cross.
 1973 : 266 - 275) ใน Daphnepseudo mezerum มี 3 - 7 แถว (Hara.
 1962 : 30 - 42) ส่วนบริเวณกอร์เทิล มีลักษณะที่แตกต่างจากทุติกาชัดเจน คือ เซลล์
 เรียงตัวไม่เป็นแถว เนื่องจากประกอบด้วยเซลล์ที่มีการแบ่งตัวหลายแนว (Cross.
 1937 : 266 - 275)

2. การศึกษากายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตของลำต้น

สังเขปของลำต้นเสดกทั้งพอน (Barleria lupulina Landl.) เมื่อตัด
 ตามขวาง มีรูปร่างรีหรือสี่เหลี่ยมมุมมนเหมือนที่พบในเสดกทั้งพอน Climacanthus
nutans Lindau. (กิริมีตี สงรอก 2526 : 58) และเนียม Strobilanthes

niveus Craib (เห็ดแสง ปุศทะ 2510 : 72) และอยู่ในวงศ์ Acanthaceae
 ทั้ง ๆ ไป แก่เลี้ยงของลำต้นอ่อนจะมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมมุมมน ซึ่งเหมือนกับในรายงาน
 ของ Lepidagathis trinervis Nees. ซึ่งเป็นพืชในวงศ์ Acanthaceae
 เหมือนกัน (Metcalf and Chalk. 1957 : 1019) เมื่อลำต้นเสลดทั้งพอน
 (Barleria lupulina Lindl.) เจริญเต็มที่ในการเจริญเติบโตระยะแรก มีชั้นผิว
 ประกอบด้วยเซลล์ 2 - 3 แถว เหมือนกับในเสลดทั้งพอน (Climacanthus nutans
 Lindau.) (กิริมันน์ สงรอก 2526 : 59) ใน Barleria sp., Belopenc sp.,
Diathura sp., Sanchezia sp. และ Strobilanthes sp. (Metcalf
 and Chalk. 1957 : 1019) เซลล์ขนาดใหญ่ในชั้นผิวของลำต้นเสลดทั้งพอน (Barleria
lupulina Lindl.) มีทั้งชนิดที่ปลายมีค้อม และชนิดที่เห็นเซลล์เดี่ยว ซึ่งเหมือนกับพืช
 ในวงศ์ Acanthaceae ทั้งไป (Metcalf and Chalk. 1957 : 1015) ซึ่ง
 ต่างจากในเสลดทั้งพอน Climacanthus nutans Lindau. (กิริมันน์ สงรอก
 2526 : 59) และนิยม Strobilanthes niveus Craib (เห็ดแสง ปุศทะ
 2510 : 67) ที่พืชทั้ง 2 ชนิดมีขนชนิดหลายเซลล์แต่เรียงตัวเป็นแถวเดี่ยว (Uniseriate)
 ใน Barleria sp. บางชนิด พบขนที่เป็นหลายเซลล์เรียงตัวเป็นแถวเดี่ยว แต่ส่วนปลาย
 แยกเป็น 2 แถว ใน Acanthopsis horrida Nees. เป็นขนชนิดที่มีเซลล์หลายชนิด
 (Multicellular) มาเรียงต่อกันเป็นแถวเดี่ยว (Metcalf and Chalk. 1957 :
 1015) ขนที่ส่วนปลายมีค้อมของเสลดทั้งพอนนี้เป็นแบบหลายเซลล์ คือ ประกอบด้วย ฐาน
 1 เซลล์ ก้าน 2 เซลล์ และส่วนหัว 8 เซลล์ เหมือนกับของเสลดทั้งพอน Climacanthus
nutans Lindau. (กิริมันน์ สงรอก 2526 : 59) เจริญปลูกพุ่ม Acanthus
ilicifolius (Mullan. 1970 : 184 - 189) และนิยม Strobilanthes
niveus Craib (เห็ดแสง ปุศทะ 2510 : 15) รูปร่างของ Cystolith ที่พบ
 ในเสลดทั้งพอน (Barleria lupulina Lindl.) คล้ายทรงกระบอก ไขมีก้าน มี
 ลักษณะเหมือน Cystolith ในเสลดทั้งพอน Climacanthus nutans Lindau.
 (กิริมันน์ สงรอก 2526 : 59) นิยม Strobilanthes niveus Craib

(เพ็ญแสง ปุคตะ 2510 : 72) ใน Blecheum sp., Chaelothylax sp., Chamaeranthemum sp., Diedalacanthus sp., Pentstemonacanthus sp., Phaylopsis sp., Ruellia sp., Spirostigma sp., และ Thiochanthera sp. ซึ่งล้วนเป็นพืชในวงศ์ Acanthaceae ทั้งสิ้น (Metcalf and Chalk. 1957 : 1017) ส่วน Cystolith ที่พบในยางวินเคีย Ficus elastica Linn. ซึ่งอยู่ในวงศ์ Moraceae มีลักษณะคล้ายรวงจุ่น และเป็นแบบมีก้าน (Foster. 1949 : 71) ผลึก Cystolith ที่พบในลำต้นอยู่ที่เซลล์ผิว ตรงกับรายงานในเซลล์ทางอน Climacanthus nutans Lindau. (กิริณี สงรอก 2526 : 66) แต่ไม่พบในรากของเซลล์ทางอน (Barleria lupulina Lndl.) ซึ่งแตกต่างจาก Climacanthus nutans Lindau. ที่มีรายงานว่าพบ Cystolith ในรากที่ชั้นกอร์เทกซ์ที่อยู่ติดกับเอนโดเดอร์มิส (กิริณี สงรอก 2526 : 66)

ชั้นกอร์เทกซ์นอกสุดประกอบด้วยกลุ่มเซลล์คอล เลงกิมานิคพังหนาคตามนุน จำนวน 4 - 6 แถว ถัดไปเป็นกลุ่มเซลล์คอลเลงกิมา จำนวน 3 - 4 แถว และเซลล์ที่อยู่บริเวณในสุด จำนวน 5 - 6 แถว เป็นกลุ่มเซลล์มาเลงกิมา ซึ่งตรงกับที่รายงานใน Acanthaceae ทั่ว ๆ ไป (Metcalf and Chalk. 1957 : 1019) แต่ต่างจากที่รายงานในเซลล์ทางอน Climacanthus nutans Lindau. (กิริณี สงรอก 2526 : 67)

ชั้นสกีลในลำต้นของเซลล์ทางอน (Barleria lupulina Lndl.) ที่มีการเจริญเติบโตระยะแรก กลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียงกระจายทั่วไปไม่เป็นมัด ประกอบด้วยเนื้อเยื่อโพลีเอมมอยู่ด้านนอก และเนื้อเยื่อไซเลมอยู่ด้านใน และเกิดเนื้อเยื่อลำเลียงที่ด้านแคบ หรือด้านที่ตรงกับตำแหน่งเกิดใบได้ก่อนและมากกว่าที่ด้านกว้างของลำต้น เนื้อเยื่อลำเลียงในการเจริญเติบโตระยะแรกนี้ไม่พบไฟเบอร์ นำเองเกี่ยวกับที่รายงานในเซลล์ทางอน (Climacanthus nutans Lindau. (กิริณี สงรอก 2526 : 67) แต่แตกต่างจาก Asystasia sp., Crossandra sp., Dacdalacanthus sp., Eranthemum sp., Ruellia sp., Sanchezia sp. และ Whitfieldia sp. ที่พบว่าไม่มีไฟเบอร์ในเนื้อเยื่อโพลีเอมมของการเจริญเติบโตระยะแรก (Metcalf and Chalk. 1957 : 1019)

ในการเจริญเติบโตระยะที่สองของเสลดพังพอน (*Barleria lupulina* Lindl.) ที่ขึ้นผิวไม้มีคอร์กเกิดขึ้นแล้วเมื่อมีการเจริญเติบโตระยะที่สองมากแล้ว ซึ่งตรงกับรายงานใน เสลดพังพอน *Climacanthus nutans* Landau. (กิริณี สงรอก 2526 : 59) ในพืชพวก *Acanthus* เมื่อลำต้นเจริญเต็มที่ในการเจริญเติบโตระยะที่สอง จะมีคอร์กเกิดขึ้น แทนผิวเดิม ซึ่งอาจเกิดจากเซลล์ผิวหรือเซลล์ในชั้นคอร์เทกซ์ที่อยู่ใต้ผิวหรือลึกลงไป หรือเกิดจากชั้นเอนโดเดอร์มิส (Metcalf and Chalk. 1957 : 1019) ดังนั้นชั้นผิวของ เสลดพังพอน (*Barleria lupulina* Lindl.) ในระยะที่ศึกษาจึงพบแต่เพียงเซลล์ 4 แถว ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ชนิดต่าง ๆ เช่นเกี่ยวกับการเจริญเติบโตระยะแรก แต่เซลล์ชนิดจำนวนลดลงหรือไปเสียเลย

ในชั้นคอร์เทกซ์บางกลุ่มไฟเบอร์ ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงมาจากเซลล์ กอเลงกิม่า และพาสเกลอริคซึ่งเปลี่ยนแปลงมาจากเซลล์พาเรงกิม่า ซึ่งลักษณะเช่นนี้ไม่พบ ในเนเปยม *Strobilanthes niveus* Craib (เกื้อนแสง ปุตตะ 2510 : 17) และ เสลดพังพอน *Climacanthus nutans* Landau. (กิริณี สงรอก 2526 : 61) นอกจากนี้แถวของเอนโดเดอร์มิสที่มี Casparian strip ยังปรากฏชัดเจนในลำต้นที่ เจริญมากขึ้นของเสลดพังพอน *Barleria lupulina* Lindl. แต่เซลล์ไม่แบ่งตัว ซึ่ง ต่างจากเสลดพังพอน (*Climacanthus nutans* Landau.) ที่เห็นเอนโดเดอร์มิส ชัดเจนเช่นกัน แต่เซลล์แบ่งตัวในแนวตั้งฉากกับผิว และในแนวขนานกับผิว ทำให้แถวของ เซลล์เพิ่มขึ้นเป็น 2 แถว ในลำต้นที่เจริญมากขึ้น (กิริณี สงรอก 2526 : 61)

ชั้นสเกลล์ของลำต้นเสลดพังพอน (*Barleria lupulina* Lindl.) ที่มีการ เจริญเติบโตระยะที่สอง มีเนื้อเยื่อไปเล็มที่เซลล์เวสเซลและเทรกีคเรียงตัวเป็นแถวใน แนวรัศมี โดยมีเซลล์พาเรงกิม่าแทรกอยู่ระหว่างแถวของเซลล์เวสเซลและเทรกีค และพบ ไฟเบอร์ในไปเล็ม เช่นเดียวกับในเสลดพังพอน *Climacanthus nutans* Landau. (กิริณี สงรอก 2526 : 61) และเนเปยม (*Strobilanthes niveus* Craib) (เกื้อนแสง ปุตตะ 2510 : 14) และยังเหมือนกับใน *Acanthus* อื่น ๆ (Metcalf and Chalk. 1957 : 1020) นอกจากนี้ยังพบว่า ในบริเวณที่ผลิตลิกนินเยื่ออยู่มากมาย

ตรงกับรายงานของเนียม Strobilanthes niveus Craib. (เพ็ญแสง ปุคตะ 2510 : 18) และใน Acanthus ilicifolius (Metcalf and Chalk. 1957 : 1021) เมื่อมีการเจริญระยะที่สอง พบว่า การสร้างเนื้อเยื่อลำเลียงของ เสดกั้งพอน (Barleria lupulina Lndl.) มีการเจริญแบบที่ผิดไปจากแบบแผน (Anomalous growth) โดยพบว่าลำต้นบริเวณปล้องที่ 4 มีแนวแคมเบียมเริ่มเกิดขึ้นใน ตำแหน่งปกติ ก็เกิดในระหว่างเนื้อเยื่อไซเลม และโกลเ็มของการเจริญเติบโตระยะแรก แต่มีการแบ่งตัวให้เซลล์ที่เจริญเติบโตให้เนื้อเยื่อลำเลียงระยะที่สองอยู่ทางด้านในเพียง ด้านเดียว เนื้อเยื่อลำเลียงระยะที่สอง เป็นแบบที่มีเนื้อเยื่อไซเลมเจริญดี และเนื้อเยื่อ โกลเ็มกระจายอยู่ในเนื้อเยื่อไซเลม เป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 - 3 เซลล์ หรือ 5 - 6 เซลล์ จัดเป็น Included phloem ซึ่งต่างจากเนียม Strobilanthes niveus Craib (เพ็ญแสง ปุคตะ 2510 : 17) และ Climacanthus nutans Lindau. (กิริณี สงรอด 2526 : 61) เพราะพืชทั้งสองชนิดนี้มีการเจริญระยะที่สองเป็นแบบปกติ คือมีเนื้อเยื่อไซเลมอยู่ด้านใน และมีเนื้อเยื่อโกลเ็มอยู่ด้านนอกของแนวแคมเบียม พืช ใบเลี้ยงคู่ที่มีเนื้อเยื่อโกลเ็มเป็นแบบ Included phloem เช่นกัน ได้แก่ ของนาง Thunbergia affinis S. Moore, ลร้อยอินทนิล Thunbergia grandiflora Roxb. (Metcalf and Chalk. 1957 : 1040) การเจริญแบบที่ผิดไปจากแบบแผน เช่น แนวแคมเบียมเกิดอยู่บริเวณนอกของเนื้อเยื่อโกลเ็ม แล้วมีการแบ่งตัวให้เนื้อเยื่อ โกลเ็มและไซเลม ทางด้านในด้วย หรือเป็นชนิดที่แคมเบียมเกิดคล้ายแบบแรกแล้วเกิด ทำนองเดียวกัน ซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง ทำให้มีลักษณะโครงสร้างของลำต้นที่เห็นแนวแคมเบียม เกิดเป็นชั้น ๆ ห่างออกไปจากใจกลางของลำต้น แต่ละชั้นจะสร้างเนื้อเยื่อไซเลมด้านใน และเนื้อเยื่อโกลเ็มด้านนอกเช่นกรณีปกติ เกิดเป็นกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำและเนื้อเยื่อลำเลียง อาหารสลับกับชั้นของเซลล์พาเรงคิมาหลายชั้น เช่นในวงศ์ Amaranthaceae, Chenopodiaceae, Menispermaceae และ Nyctaginaceae (Fahn. 1972 : 351 - 354) เนื้อเยื่อลำเลียงใกล้บริเวณโคน โปไฟเบอร์กลุ่มเล็ก ๆ ซึ่งเปลี่ยนแปลง มาจากไซเลมพาเรงคิมาที่เกิดขึ้นในการเจริญเติบโตระยะแรก แต่เซลล์เล็กกว่า และผนังหนา ไม่มากเท่ากับโพลีเมอร์ที่เกิดขึ้นในชั้นคอร์เทกซ์

3. การศึกษากายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตของใบ

ใบของเสลดพังพอนเจริญมาจากเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดจากเซลล์ตรงขอบความโค้งรูปโดม โดยทวนิกาแถวที่ 1 จะแบ่งเซลล์ในแนวตั้งฉากกับผิว ส่วนทวนิกาแถวที่ 2 มีการแบ่งตัวหลายแนว เช่นแนวขนานกับผิว และแนวเฉียง ๆ ซึ่งตรงกับรายงานในเนียม Strobilanthes niveus Craib (เพ็ญแสง ปุตุตะ 2510 : 26) ในการสร้างใบของพืชใบเลี้ยงคู่ ทวนิกาแถวนอกสุด จะไม่เกิดการแบ่งเซลล์ แบบขนานกับผิว แต่จะเกิดในทวนิกาแถวที่ 2 หรือใกล้กับใบ ถ้าชั้นทวนิกาประกอบด้วยเซลล์เรียงแถวเดียว ใบจะเกิดจากซิมคอร์ฟัสอย่างเดียว หรือทั้งคอร์ฟัส และทวนิกา ที่มีอยู่แถวเดียวนั้น แต่ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวบางชนิด ทวนิกาชั้นนอกสุด จะแบ่งตัวอย่างขนานกับผิว แล้วจะเจริญไปจนกระทั่งเป็นใบ (Esau. 1953 : 104)

การสร้างใบของเสลดพังพอน (Barleria lupulina Lndl.) เริ่มต้นจากการแบ่งเซลล์ในชั้นทวนิกาทั้งสองแถวตั้งที่กล่าวตอนต้น จนกระทั่งปรากฏเป็นเนื้อเยื่อสูงชันไปจากระดับความโค้งเดิม เป็นเป็นปุ่มสูงชัน เป็นตำแหน่งของฐานใบแรกเกิด (Leaf buttress) ซึ่งจะมีการแบ่งตัวของเซลล์แถวนอก และเซลล์ภายใน เพิ่มจำนวนจนเป็นปุ่มสูงขึ้นกว่าเดิมและมีเนื้อเยื่อ Procambium แยกจากลำต้นมาเลี้ยงปุ่มนี้ ในระยะนี้ เรียกว่า ปุ่มใบ (Leaf primordium) ซึ่งจะเจริญสูงขึ้นทั้งทางด้านความสูงและความหนา โดยเซลล์ที่แถวนอกของปลายมนแบ่งตัวในแนวตั้งฉากกับผิว และเซลล์ภายในแบ่งตัวหลายแนว จนกระทั่งถึงระยะที่ปุ่มใบจะเริ่มสร้างแผ่นใบ (Lamina formation) โดยมีเนื้อเยื่อเจริญชื่อ Marginal meristem เกิดขึ้นเป็นแนวตรงขอบด้านใน (Adaxial) ของปุ่มใบ บริเวณก่อนไปทางปลายมน ซึ่งในระยะนี้ เจริญถึงขั้นที่เรียกว่า Midrib primordium ส่วนบริเวณที่ก่อนไปทางโคนไม่มีการสร้าง Marginal meristem ให้เกิดขึ้น เรียกว่า Petiole primordium ปุ่มใบที่เริ่มสร้างแผ่นใบนี้ พบว่าจะเริ่มสร้างเมื่อวัดความสูงได้ประมาณ 800 ไมครอน มีการรายงานว่าในพืชบางชนิด ปุ่มใบจะสูง 1,000 ไมครอน จึงจะสร้างแผ่นใบ (Esau. 1953 : 455) ในยาสูบ Nicotiana tabacum พบว่าเมื่อปุ่มใบสูงราว 600 ไมครอน จะเริ่มสร้างแผ่นใบ (Avery. 1933 : 565 - 592) ส่วนปุ่มใบของ Viburnum rufidulum สูงราว 150 - 170 ไมครอน จะสร้างแผ่นใบ

(Esau. 1953 : 455) เช่นเดียวกับในเนียม Strobilanthes niveus Craib ที่ไม่ใบสูงราว 150 - 170 ไมครอน ก็จะสร้างแผ่นใบเช่นกัน (เพ็ญแสง ปุตุ 2510 : 69) Marginal meristem ที่เกิดเป็นแนวตรงขอบของ Madrib prumordium ในประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญตรงขอบหรือแถวนอกที่ต่อเนื่องกับเนื้อเยื่อเจริญชั้นผิวของเส้นกลางใบ เห็นได้ชัดว่า Marginal meristem แบ่งเป็นเนื้อเยื่อแถวนอก เรียก Marginal initial และเนื้อเยื่อภายในเรียก Submarginal initial การสร้างแผ่นใบของเสลดทั้งพอนเริ่มโดย Marginal initial แบ่งตัวในแนวตั้งฉากกับผิวซึ่งต่อไปจะเจริญเป็น Adaxial และ Abaxial protoderm ซึ่งต่อไปจะเจริญไปเป็นชั้นผิวบน (Upper epidermis) และผิวล่าง (Lower epidermis) ของใบ ส่วน Submarginal initial นั้นพบว่าครั้งแรกจะแบ่งตัวในแนวขนานกับผิวและเจริญให้เซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญ 3 ชั้น คือ Adaxial layer, Middle layer และ Abaxial layer ทั้ง 3 ชั้นต่อไปจะเจริญไปเป็นเนื้อเยื่อกลางแผ่นใบ (Young mesophyll) การเจริญของแผ่นใบในระยะแรกของเสลดทั้งพอน (Barleria lupulina Lndl.) นี้ มีลักษณะเหมือนกับการเจริญระยะแรกของใบเนียม Strobilanthes niveus Craib. (เพ็ญแสง ปุตุ 2510 : 70) และใบยาสูบ Nicotiana tabacum (Esau. 1953 : 444 - 459) ที่ Marginal initial เจริญให้ Upper และ Lower protoderm ส่วน Submarginal initial เจริญให้เนื้อเยื่อเจริญ 3 ชั้นคือ Adaxial layer, Middle layer และ Abaxial layer ที่ชั้น Adaxial และ Abaxial protoderm มีการเจริญเติบโตโดยเซลล์แบ่งตัวในแนวตั้งฉากกับผิวเพื่อเพิ่มจำนวนทำให้แผ่นใบมีคยาวออกจากแกนหรือเส้นกลางใบได้มากขึ้นเช่นเดียวกับพืชอื่น ๆ ไป บางเซลล์มีการขยายขนาด เปลี่ยนแปลงรูปร่าง เป็นเซลล์ผิว บางเซลล์แบ่งตัวเพื่อเจริญไปเป็นขน บางเซลล์เปลี่ยนแปลงและเจริญเติบโตไปเป็นเซลล์กุ่มและเซลล์ข้างเคียงเซลล์กุ่มอยู่โดยรอบปากใบ ในเสลดทั้งพอน (Barleria lupulina Lndl.) เซลล์ผิวมีผนังแบบไม่เรียบแต่มีลักษณะเป็นลอน (Undulate) เช่นเดียวกับที่พบใน Nicotina tabacum (Avery. 1933 : 565 - 592) พบที่พบในใบของเสลดทั้งพอน (Barleria lupulina Lndl.) มี 2 ชนิด คือชนิดที่ส่วนปลาย

มีค่อม และชนิดที่เป็นเซลล์เดี่ยว แต่ในเซลล์ทั้งพอน (Climacanthus nutans Lindau.)

มีรายงานว่า เป็นชนิดที่ส่วนปลายมีค่อม และชนิดที่มีหลายเซลล์เรียงกันเป็นแถวเดี่ยว

(กิริมีตี สงรอก 2526 : 61) และในเนียบ Strobilanthes niveus Craib

มีรายงานว่า เป็นชนิดที่ส่วนปลายมีค่อม และชนิดที่มีหลายเซลล์เรียงกันเป็นแถวเดี่ยว

(เพ็ญแสง ปุคตะ 2510 : 72) เซลล์กลุ่มรูปไต 2 เซลล์ และเซลล์ข้างเคียงเซลล์กลุ่ม

2 เซลล์ ของเซลล์ทั้งพอน (Barleria lupulina Lindl.) เรียงตัวแบบตั้งฉากกัน

รอบปากใบ จัดเป็นการเรียงตัวแบบ Diacytic ซึ่งแตกต่างจากในยาสูบ Nicotiana

tabacum (Avery. 1933 : 565 - 592) และในกระเพรา Ocimum sanctum

Linn. (พรทิพย์ ธาณิรัตน์ 2526 : 58) ซึ่งเป็นแบบ Paracytic แต่เหมือนกับของ

เซลล์ทั้งพอน (Climacanthus nutans Lindau.) (กิริมีตี สงรอก 2526 : 62)

ใบของเซลล์ทั้งพอน (Barleria lupulina Lindl.) มีปากใบที่อยู่ในระดับสูงกว่า

เซลล์อื่นเล็กน้อย จัดเป็น Raised stoma เช่นเดียวกับของใบยาสูบ Nicotiana

tabacum (Avery. 1933 : 565 - 592)

ชั้น Adaxial layer ของเซลล์ทั้งพอน (Barleria lupulina Lindl.)

จะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเซลล์และเจริญเติบโตไปเป็นเซลล์แกล้เขต 1 แถว ของเนื้อเยื่อ

กลางแผ่นใบเพียงอย่างเดียว เหมือนกับ Adaxial layer ของใบยาสูบ Nicotiana

tabacum ก็เจริญให้เซลล์แกล้เขต 1 แถว เพียงอย่างเดียวเหมือนกัน (Esau. 1953 :

444 - 459)

ชั้น Middle layer จะมีการแบ่งตัวขนานกับผิวเนื้อเพิ่มแถว และเจริญต่อไป

จนเป็นเนื้อเยื่อลำเลียงในแผ่นใบ ในขณะที่เซลล์ทั่ว ๆ ไป เจริญเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์

สัณจี้ ซึ่งเหมือนในยาสูบ Nicotiana tabacum (Esau. 1953 : 444 - 459)

แต่แตกต่างจากเนียบ (Strobilanthes niveus Craib) ซึ่งมีรายงานว่า

Middle layer จะมีการแบ่งตัวให้เซลล์ เจริญเติบโตไปเป็นเนื้อเยื่อลำเลียง และเซลล์

แกล้เขตแถวที่สอง (เพ็ญแสง ปุคตะ 2510 : 70)

ที่ชั้น Abaxial layer เซลล์จะเจริญไปเป็นเซลล์สันจี๋ขึ้นถัดลงมา ซึ่งเหมือนกับการเจริญของเนื้อม Strobilanthes niveus Craib (เพ็ญแสง ปุตตะ 2510 : 70) และใบยาสูบ Nicotiana tabacum (Esau. 1953 : 444 - 459)

เนื้อเยื่อต่าง ๆ ของแผ่นใบ อาจมีการเจริญแตกต่างกันไปใน Carya bucklevi พบว่า Submarginal initial จะเจริญให้เฉพาะ Adaxial layer และ Abaxial layer เท่านั้น โดยยังมี Middle layer ต่อมา Adaxial layer เจริญให้เซลล์เลติเซดเรียงอย่างเคียว ส่วน Abaxial layer แบ่งตัวให้ Middle layer และ Abaxial layer เพิ่มขึ้น ต่อมา Middle layer จะเจริญไปเป็นเนื้อเยื่อลำเลียง และเซลล์สันจี๋ ตอนกลาง ๆ ของเนื้อเยื่อกลางใบ ส่วน Abaxial layer จะเจริญไปเป็นเซลล์สันจี๋ตอนล่าง ๆ (Esau. 1953 : 444 - 459)

เส้นกลางใบของเสลดพังพอน (Barleria lupulina Lindl.) มีเนื้อเยื่อลำเลียง 1 กลุ่ม เป็นรูปเกือกม้าโค้งไปตามความโค้งของด้านผิวล่าง เนื้อเยื่อไซเลมอยู่ทางด้าน Adaxial เนื้อเยื่อโกลเอ็ม อยู่ทางด้าน Abaxial เช่นเดียวกับใน Euonymus sp., Stellria sp. และ Nicotia tabacum (Esau. 1965 : 443) และมี Accessory bundle ขนาดเล็กอยู่ที่ตำแหน่งก่อนไปทางด้าน Adaxial ของเนื้อเยื่อลำเลียงของเส้นกลางใบ มีรายงานเกี่ยวกับการมี Accessory bundle เช่นกันใน Syringa vulgaris (Foster. 1949 : 192)

แผ่นใบที่เจริญเต็มที่ของเสลดพังพอน (Barleria lupulina Lindl.) ประกอบด้วยชั้นผิวบนซึ่งแบ่งเป็นชั้นผิวบน (Upper epidermis) และชั้นผิวล่าง (Lower epidermis) แต่ละชั้นประกอบด้วยเซลล์ 1 แถว ได้แก่ เซลล์ผิว เซลล์ที่เป็นขน ปากใบ ซึ่งจะมีเซลล์รูปไตอยู่ที่สองข้างของปากใบ และรอบเซลล์จะมีเซลล์ข้างเคียง เซลล์ 2 เซลล์ เรียงตัวในแนวตั้งฉากกับเซลล์มุม ทำให้การเรียงตัวเป็นแบบ Diacytic เหมือนที่พบในเนื้อม Strobilanthes niveus Craib (เพ็ญแสง ปุตตะ 2510 : 74) และในเสลดพังพอน Cliracanthus nutans Lindau. (กิริมณี สงรอก

2526 : 61) และพบว่าเซลล์คุม และเซลล์ข้างเคียงเซลล์คุม อยู่ระดับสูงกว่าเซลล์ผิวอื่น ๆ จึงเป็น Raised stoma เช่นเดียวกับในยาสูบ (Esau. 1953 : 444 - 459) พบปากใบเฉพาะผิวล่างเท่านั้นจัดเป็นแบบ Hypostomatic leaf เหมือน Climacanthus nutans Lindau. (กิริมีตี สงรอก 2526 : 61) แตกต่างจากในเนียม ซึ่งพบทั้งผิวบนและผิวล่าง (เห็ดแสง ปุตตะ 2510 : 75) พบขนทั้งชนิดที่เป็นเซลล์เดี่ยว และชนิดหลายเซลล์ที่ตรงปลายมีต่อม เหมือนในลำต้น มี Lithocyst ที่ภายในมีผลึกแบบไม่มีก้านเหมือนในเนียม (เห็ดแสง ปุตตะ 2510 : 75) และในเซลล์ทั้งพอน Climacanthus nutan Lindau. (กิริมีตี สงรอก 2526 : 61) เนื้อเยื่อชั้นกลางใบประกอบไปด้วยเซลล์แพลลิด 1 แถว เช่นเดียวกับใน Climacanthus nutans Lindau. (กิริมีตี สงรอก 2526 : 61, Report from Faculty of Pharmacy, Mahidol University. 1986 : 44) ส่วนของเนียมมีรายงานว่ามีแพลลิด 2 แถว (เห็ดแสง ปุตตะ 2510 : 74)

4. การศึกษากายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตของราก

การศึกษากายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตของปลายราก

เนื้อเยื่อเจริญต้นกำเนิดของปลายรากของเสลดพังพอน (Barleria lupulina Lindl.) มี 3 แถว ที่จะแบ่งตัวให้เซลล์ที่จะเจริญเติบโตต่อไปเป็นส่วนต่าง ๆ ของราก เช่นเดียวกับที่มีรายงานในโกงกางใบใหญ่ Rhizophora macronata Lamk (ภูวคต บุตรรัตน์ 2523 : 17) ถัดจากเนื้อเยื่อเจริญปลายรากขึ้นไปประมาณ 50 ไมครอน พบว่า เนื้อเยื่อเจริญจะมีการเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ระยะ Primary meristem ที่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญชั้นผิวนอก คือ Protoderm ชั้นกลาง คือ Ground meristem และชั้นในสุด คือ Procambium ถัดบริเวณนี้ขึ้นไปประมาณ 50 ไมครอน พบเนื้อเยื่อมีลักษณะแตกต่างกัน แยกได้เป็น 3 บริเวณ คือ

ชั้น Protoderm ประกอบด้วยเซลล์ 1 แถว ที่มีการแบ่งตัวในแนวตั้งฉากกับผิว เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ในแถว ชั้น Ground meristem มีการขยายขนาดเซลล์ การเปลี่ยน

รูปร่างและการจัดตัวใหม่ของเซลล์ จนเห็นเซลล์แถวในสุดมีลักษณะต่างออกไปจากแถวอื่น
ก็เห็นเซลล์แถวในสุดมีรูปร่างรี เรียงตัวเอาด้านยาวของเซลล์ขนานกับผิว เซลล์แถวนี้
ต่อไปจะเป็นเอนโดเดอร์มิส ในขณะที่เซลล์อื่น ๆ มีขนาดใหญ่ขึ้น และมีการเรียงตัวก่อนข้าง
เป็นตามแนวรัศมี ชั้น Procambium อยู่ตรงกลางเซลล์ที่ยาวหลายเท่าของความกว้าง
และเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเซลล์จะเป็นเซลล์ลำเลียงในโอกาสต่อไป ในพืช
ทั่ว ๆ ไป Primary meristem ก็ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญ 3 ชนิด เห็นได้ชัดเจน
เช่นกัน (Esau. 1965 : 481 - 486)

การศึกษากายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตระยะแรกของราก

เมื่อ Primary meristem ทั้ง 3 บริเวณของรากเสลดงาพอน (Barleria lupulina Lndl.) เจริญเติบโตต่อไป จะให้โครงสร้างของรากในการเจริญเติบโต
ระยะแรกเมื่อตัดตามขวาง ประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ 3 ชั้น ได้แก่

ชั้นผิวนอก ประกอบด้วยเซลล์ 1 แถว ได้แก่ เซลล์ผิวและเซลล์ขนราก เหมือนกับ
พืชทั่ว ๆ ไป (Esau. 1965 : 481 - 486) แต่เซลล์เหล่านี้มักเสียรูปหรือถูกทำลาย
ไปหลังจากเจริญเติบโตได้ไม่นาน

ชั้นคอร์เทกซ์ ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาทั้งหมด ที่เรียงตัวกันในแนวรัศมี
เช่นเดียวกับการเรียงตัวในรากของพืชอื่น ๆ เช่น เสลดงาพอน Climacanthus nutans Landau. (กิริมันตี สงรอก 2526 : 25) เนียม Strobilanthes neveux Craib (เจริญแสง ปุตตะ 2510 : 74) และมักพบช่องอากาศขนาดเล็ก
ค่อนข้างใหญ่แทรกอยู่บริเวณกลาง ๆ ของชั้นนี้ ในขณะที่บริเวณใกล้ผิวมักพบว่าเป็นเซลล์
พาเรงคิมาเรียงตัวอยู่ก่อนข้างหนาแน่นประมาณ 3 - 4 แถว ซึ่งเป็นลักษณะโครงสร้าง
ที่คล้ายกับในพืชน้ำหรือพืชที่ชอบน้ำ เช่น ข้าว Oryza sativa Linn. (Esau. 1961 : 173 - 174) บริเวณในสุดของชั้นคอร์เทกซ์เป็นแถวของเอนโดเดอร์มิส ที่
ค่อนข้างเห็นได้ชัดเจน 1 แถว ลักษณะเป็นเซลล์ค่อนข้างใสกว่าเซลล์บริเวณใกล้เคียง
ในรากที่อื่น ๆ ทั่ว ๆ ไป ก็พบเอนโดเดอร์มิส 1 แถว เช่น เสลดงาพอน Climacanthus nutans Landau. (กิริมันตี สงรอก 2526 : 25) เนียม Strobilanthes neveux Craib (เจริญแสง ปุตตะ 2510 : 74)

ชั้นสตีล ประกอบด้วยเนื้อเยื่อลำเลียงอยู่ตรงกลางสุด ล้อมรอบด้วยเนื้อเยื่อที่ไม่ใช่เนื้อเยื่อลำเลียง คือ เพริไซเคลิ ซึ่งพบว่า มี 2 แถว ซึ่งในพืชใบเลี้ยงคู่ทั่วไปมักพบเพียง 1 แถว ได้แก่ เนียม Strobilanthes niveus Craib (เพ็ญแสง ปุตุตะ 2510 : 75) แต่มีพืชใบเลี้ยงคู่บางชนิดที่มีเพริไซเคลิหลายแถว เช่น Celtis, Morus, Salix, Castanea และ Calyantus (Esau. 1953 : 433) รากที่ไม่มีเพริไซเคลิ มีอายุชนิด ได้แก่ ไม้ไผ่ และพืชพวก พาราสิติ (Esau. 1953 : 484) สำหรับในเสลดพังพอน Barleria lupulina Lindl. มีเพริไซเคลิ 2 แถว ซึ่งตรงกับรายงานของเสลดพังพอน Climacanthus nutans Lindau. (กิริณี สงรอก 2526 : 62) เนื้อเยื่อลำเลียงของเสลดพังพอน (Barleria lupulina Lindl.) มี Protoxylem เกิดขึ้น 2 - 5 กลุ่ม มีรายงานในพืชพวก Amentiferac sp. และ Castanea sp. ว่ามี Protoxylem 5 - 8 กลุ่ม (Esau. 1965 : 496) ในเนียม Strobilanthes niveus Craib มี Protoxylem 2 - 9 กลุ่ม (เพ็ญแสง ปุตุตะ 2510 : 40) Metaxylem ที่เกิดขึ้นทีหลังจะเกิดก่อนข้างซ้าย ลักษณะเซลล์ใหญ่กว่าเซลล์ของ Protoxylem มาก ในที่สุดจะมี Metaxylem เจริญจนเต็มบริเวณตรงกลางทั้งหมด จักเป็นการเจริญแบบ Protoxylem exarch เช่นเดียวกับในรากพืชทั่ว ๆ ไป (Esau. 1961 : 176 - 177) เนื้อเยื่อโลเอ็ม เกิดเป็นกลุ่มเล็ก ๆ อยู่ระหว่างแถบของเนื้อเยื่อ Protoxylem

การศึกษากายวิภาคและขั้นตอนการเจริญเติบโตระยะที่สองของราก

ที่ชั้นสตีล Vascular cambium ในรากของเสลดพังพอน (Barleria lupulina Lindl.) เกิดขึ้นเป็นแนวอยู่ระหว่างไซเลมและโฟลเอ็มของการเจริญเติบโตระยะแรก เซลล์ที่ได้จากการแบ่งตัวของ Vascular cambium จะอยู่ด้านในของแนวแคมเบียม กลายกับที่เกิดในลำดับ ทำให้เกิดเนื้อเยื่อลำเลียงอยู่ด้านในของแนวแคมเบียม โดยมีไซเลมเจริญได้ และมีโฟลเอ็มฝังตัวอยู่ใน ไซเลมเป็นกลุ่มเล็ก ๆ กลุ่มละ 5 - 6 เซลล์ เรียกว่า Included phloem จักว่าเป็นการเจริญเติบโตระยะที่สองของการสร้างเนื้อเยื่อลำเลียงที่เกิดไปจากแบบแผน ซึ่งเรียกว่า Anomalous growth เช่นเดียวกับในลำดับ แต่สำหรับพืชอื่นที่อยู่ในวงศ์ Acanthaceae เหมือนกัน แต่มีการเจริญเติบโตระยะที่สอง

อย่างแบบปกติ ได้แก่ เสลดพังพอน Climacanthus nutans Lindau. (กิริณีสงรอด 2526 : 25) เนียม Strobilanthes niveus Craib (เพ็ญแสง ปุตุตะ 2510 : 40) เนื้อเยื่อไซเลมและโพลีเอมของเสลดพังพอน Barleria lupulina Lindl. มีลักษณะคล้ายคลึงกับใบลำต้นมาก ทั้งชนิดของเซลล์ที่ประกอบกันเป็นเนื้อเยื่อและลักษณะการเรียงตัวของเซลล์ในเนื้อเยื่อ

ชั้นคอร์เท็กซ์ที่ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ไปเป็นเซลล์ชนิดอื่น แต่พบว่าเซลล์บริเวณนอก ๆ ที่อยู่ใกล้ผิว จะแบ่งตัวได้กลายเป็นเซลล์ Cork cambium ซึ่งจะมีการแบ่งตัวและเจริญให้เพริเดอร์มเกิดขึ้นแทนชั้นผิวเดิม มีรายงานการเกิดเพริเดอร์มเช่นเดียวกันนี้ในเสลดพังพอน Climacanthus nutans Lindau. (กิริณีสงรอด 2526 : 62) และในเนียม Strobilanthes niveus Craib (เพ็ญแสง ปุตุตะ 2510 : 74) ในพืชทั่ว ๆ ไป เพริเดอร์มเกิดจากการแบ่งตัวของเซลล์ที่อยู่ลึกลงไป เช่น เกิดจากเพริไซเคิล ได้แก่ Salix sp. (Esau. 1965 : 343 - 344) ในรากของ Theobroma cacao เพริเดอร์มเกิดจากคอร์เท็กซ์ชั้นนอกสุด หรือชั้นที่ 2 - 3 ของคอร์เท็กซ์ (Brooks and Guard. 1952 : 444 - 454)

ชั้นผิวเดิมของรากให้หลุดไปหรือสลายรูปไปตั้งแต่ระยะต้น ๆ ของการเจริญเติบโตระยะแรก ดังนั้นจึงมีเพริเดอร์มเกิดขึ้นและทำหน้าที่แทนชั้นผิวเดิมของราก

5. การก่อกำเนิดและการขึ้นตอนการเจริญเติบโตของหนาม

ตาหนาม (Thorn bud) เกิดที่ซอกของทุกใบ เช่นเดียวกับตากิ่ง (Axillary bud) การเริ่มกำเนิดและขึ้นตอนการเจริญเติบโตเป็นเช่นเดียวกับตากิ่ง หรือตาออกของปลายกิ่งใหญ่ แต่เริ่มกำเนิดช้ากว่าเพียง 1 Plastochron คือ ปุ่มตากิ่ง (Axillary bud primordium) เริ่มกำเนิดที่ซอกใบคู่ที่ 1 ในขณะที่ปุ่มตาหนาม (Thorn bud primordium) เริ่มกำเนิดที่ซอกใบคู่ที่ 2

เนื้อเยื่อเจริญเริ่มต้นที่ส่วนปลายของปุ่มตาหนาม ประกอบด้วยทูนิกา 1 แถว และบริเวณคอร์ทิส เช่นเดียวกับของปุ่มตากิ่ง แต่ต่างจากปลายยอดของกิ่งใหญ่ที่มีทูนิกา 2 แถว เนื้อเยื่อเจริญปลายยอดของปุ่มตาหนามจะสร้างปุ่มลักษณะเดียวกับปุ่มใบ แต่เรียกว่า

ปุ่มหนาม (Thorn primordium) ซึ่งจะเจริญเติบโตต่อไปจนถึงระยะที่สร้างแผ่นใบ (Lamina formation) โดยเริ่มเกิด Marginal meristem เป็นแนวสองข้างของปุ่มหนามก่อนไปทาง Adaxial ของแกน หรือส่วนที่เทียบได้กับเส้นกลางใบ Marginal meristem ซึ่งประกอบด้วย Marginal initial แถวนอก 1 แถว และ Submarginal initial ที่เป็นเซลล์ภายใน แบ่งตัวเจริญเติบโตต่อไปอีกเล็กน้อยก็หยุดเติบโต ทำให้ส่วนที่จะเป็นแผ่นใบไม่เจริญต่อไป จึงเทียบได้ว่าปุ่มหนามเจริญไปเป็นหนาม (Thorn) ที่เทียบได้กับใบที่มีการลดรูปของแผ่นใบเหลือแต่เส้นกลางใบ

ลักษณะของหนามในระยะที่เจริญเต็มที่ ซึ่งเทียบได้กับเส้นกลางใบนี้ มีโครงสร้างเมื่อตัดตามขวาง แบ่งเป็น 3 ชั้น คือ ชั้นผิวนอก ประกอบด้วยเซลล์ 1 แถว มีส่วนประกอบของเซลล์คล้ายกับผิวของเส้นกลางใบ ได้แก่ เซลล์ผิว และเซลล์ที่เป็นขน ซึ่งพบขนเฉพาะในหนามที่ยังอ่อน ไม่พบปากใบและเซลล์เก็บผลึก ชั้นคอร์เทกซ์ของหนามประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา ที่ผนังจะหนาขึ้นเมื่อหนามแก่มากขึ้น ชั้นสกีลของหนาม มีเนื้อเยื่อลำเลียงเป็นรูปเกือกม้าโค้งไปตามแนวโค้งของกึ่งด้าน Abaxial มีไซเลมและโพลีเอ็มเจดิกขึ้นทางด้านโค้งโดยมีโพลีเอ็มอยู่ด้านนอก และไซเลมอยู่ด้านใน ไซเลมเจริญได้เล็กน้อย คือพบว่ามี Protoxylem เป็นกลุ่มเล็ก ๆ ประมาณ 4 - 5 กลุ่มโดยรอบ และกลุ่มหนึ่งประกอบด้วย 2 - 3 เซลล์ ไม่พบ Metaxylem แม้ในหนามที่เจริญมากขึ้น โพลีเอ็มเจริญได้ไม่มากนัก พบเป็นกลุ่มอยู่ตรงกันข้ามกับกลุ่ม Protoxylem เซลล์พาเรงคิมาในเนื้อเยื่อลำเลียงที่เห็นเป็นแนวโค้งรูปเกือกม้าเปรียบเสมือนเป็นเนื้อเยื่อพื้นของเนื้อเยื่อลำเลียงจะเปลี่ยนเป็นเซลล์ผนังหนาแบบไฟเบอร์ เมื่อรากแก่มากขึ้นผนังของเซลล์เหล่านี้จะหนาขึ้นตามไปด้วย จนมีลักษณะเป็นเซลล์ไฟเบอร์ชัดเจน ตรงกลางของความโค้งรูปเกือกม้าจะมีลักษณะคล้ายเซลล์ในพืชของลำต้นที่มีการเจริญเติบโตระยะแรก และเมื่อหนามแก่มากขึ้น เซลล์พาเรงคิมาบริเวณนี้จะมีผนังหนามากขึ้นกว่าเดิม

ที่ก้านหนามจะสร้างหนาม 1 - 2 คู่ อยู่ตรงข้ามกัน เป็นแบบ Opposit - decussate เช่นเดียวกับการสร้างใบ หนามบางคู่เจริญเติบโตเท่ากันทั้งสองอัน บางคู่มีเพียงอันเดียวที่เจริญเติบโตได้ดีกว่า ทั้ง ๆ ที่จากผลการศึกษา จะเห็นว่ามีการกำเนิดพร้อม ๆ กัน

ดังนั้นถ้าจะตีความของส่วนที่เป็นหนามตรงข้อกิใบของเสลดพังพอน (Barleria lupulina Lindl.) ก็อาจพูดได้ว่าเป็นกิ่งชนิดหนึ่งที่มีการเจริญเติบโตอย่างจำกัด (Determined growth) สร้างหนาม ซึ่งเทียบได้เท่ากับใบที่ไม่มีแผ่นใบเพียง 1 - 2 คู่ เท่านั้น

ข้อเสนอแนะ เกี่ยวกับการศึกษาค้นคว้า

1. เนื่องจากการศึกษากายวิภาคของเสลดพังพอนครั้งนี้ ไม่ได้ศึกษายันตอน การเจริญเติบโต ของดอก เพื่อให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ สอดคล้องกับลักษณะทางกายวิภาค ที่ศึกษา ผู้ที่สนใจทางด้านนี้ ควรจะศึกษาขั้นตอนการเจริญของส่วนที่เป็นดอก รวมทั้งผลและ เมล็ด
2. เนื่องจากมีรายงานว่า เสลดพังพอนชนิดนี้มีสรรพคุณทางยา ใช้เป็นสมุนไพรได้ และมีผู้สะกิดสารที่คาดว่ามีผลทางยาจากใบไปวิเคราะห์ และรายงานเกี่ยวกับสรรพคุณกันไว้ อย่างกว้างขวาง เพื่อให้ทางกายวิภาคครบถ้วนสมบูรณ์และสอดคล้องกับงานด้านการศึกษา ทางเคมี ดังนั้นผู้ที่สนใจงานด้านนี้น่าจะศึกษาแหล่งสร้างสารที่มีผลทางยาตามส่วนต่าง ๆ ของพืช โดยการตรวจสอบจาก section ของส่วนต่าง ๆ เหล่านั้นด้วย

บรรณานุกรม

-

บรรณานุกรม

- ชลอ อุทกภาชี สมุนไพรรักษาสัตว์มีพิษกัดต่อย แพทย์พิทยา 2525, 120 หน้า
- ชัยโย ชัยชาญทิเบต และคนอื่น ๆ สมุนไพร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2523, 197 หน้า
- เต็ม สมิตินันท์ ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย พันธุ์พิบูลย์ชิง 2523, 379 หน้า
- ประกาศตร์ เก่อมณี ลักษณะทางกายวิภาคของยางพาราพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ RRIM 600
วิทยานิพนธ์ วท.ม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2528, 82 หน้า
- พณี เทชะเสน และชัยวดี ทองทาบ "การแก้พิษงูเห่าในสัตว์ทดลองเปรียบเทียบผลของ
การใช้สมุนไพร คอรัติโคลเตอรอยด์ และเปรูมแก้พิษงู" เชียงใหม่เวชสาร
17(4) : 6 - 15 ตุลาคม 2521
- พรทิพย์ ธาณิรัตน์ การศึกษาทางกายวิภาคของกระเพราแดง (Ocimum sanctum Linn.)
ปริญญาโท กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2526, 71 หน้า
- หย่อม ตันติวัฒน์ สมุนไพร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2521, 142 หน้า
- เพ็ญแสง บุคตะ การศึกษาทางกายวิภาคของต้นเนียม วิทยานิพนธ์ วท.ม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2510, 79 หน้า
- บุษกร ณ สงขลา สมุนไพรตอนที่ 1 พันธุ์พิบูลย์ชิง 2525, 91 หน้า
- ภูวกล บุตรรัตน์ กายวิภาคของคั่นโก้งกางใบใหญ่และโก้งกางใบเล็ก วิทยานิพนธ์ วท.ม.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2523, 120 หน้า
- สุรินทร์ นิลสำราญ การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา กายวิภาควิทยา และการเจริญเติบโต
ของมะเดื่อ 2 พันธุ์ ซึ่งปลูกอยู่บนที่สูงของประเทศไทย วิทยานิพนธ์ วท.ม. มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ 2529, 134 หน้า
- กิริณี สงรอด การศึกษาทางกายวิภาคของเสลดพังพอน (Clumacanthus nutans Lindau.)
ปริญญาโท กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2526, 64 หน้า
- Avery, G.S. "Structure and Development of Tobacco Leaf", American Journal of Botany. 20 . 565 - 592, 1933.
- Brook, E.R. and A.T. Guard. "Vegetative Anatomy of Theobroma cacao",
Botanical Gazette. 113 444 - 454, 1952.

- Cross, G.L. "The Morphology of Bud and the Development of the Leaves of Viburnum rufidulum", American Journal of Botany. 24 . 266 - 275, 1937.
- Cutter, E.G. "Observation of Leaf and Bud Formation in Hydrocharis mosus-ranac", American Journal of Botany. 51 318 - 324, 1964.
- Dobbins, D.A. H. Alden and D. Marvel. "Developmental Anatomy of Juvenile and Adult Shoots of Marcgravis rectifolia", American Journal of Botany. 70 1263 - 1271, 1983.
- England, W.H. and R.J. Tolbert. "A Seasonal Study of Vegetative Shoot Apex of Myriophyllum heterophyllum", American Journal of Botany. 51 349 - 353, 1964.
- Esau, K. Plant Anatomy. New York, John Wiley and Sons, Inc., 1953. 735 p.
- _____. Anatomy of Seed Plants. New York, John Wiley and Sons, Inc., 1961. 376 p.
- _____. Plant Anatomy. 2nd. ed., Japan, Toppan Co., Ltd., 1965. 767 p.
- _____. Anatomy of Seed Plants. New York, John Wiley and Sons, Inc., 1977. 550 p.
- Fahn, A. Plant Anatomy. Oxford, Pergamon Press, 1972. 53 p.
- Foster, A.S. Practical Plant Anatomy. 2nd. ed., Princeton, D. Van Nostrand Co., Inc., 1966. 228 p.
- Hara, N. "Structure and Seasonal Activity of the Vegetative Shoot Apex of Daphnepsoudo mezereum", Botanical Gazette. 124 30 - 42, 1962.
- Johansen, D.A. Plant Microtechnique. New York, McGraw - Hill Book Co., Inc., New York, 1940. 523 p.
- Mahidol, University Faculty of Pharmacy Specification of Thai Medical Plants Volum 1 1986. 125 p.
- Metcalf, G.R. and L. Chalk. Anatomy of Dicotyledon. Vol. 1 - 2, Oxford, Clarendon Press, 1957. 1500 p.
- Mia. A.J. "Structure of the Shoot Apex of Rauwolfia vomitoria", Botanical Gazette. 122 121 - 124, 1960.

- Mullan, D.P. "On the Occurrence of Glandular Hairs (Salt Gland) on the Leaves of Some Indian Halophytes", Journal of Indian Botanical Society. 10 184 - 189, 1931.
- Narayana, Aiyer, and Kolammal. "Adhatoda beddomei C.B. Clarke", Pharmacognosy of Ayurvedic Drugs. 6 62 - 64, 1963.
- _____
"Asteracantha longifolia Nees.", Pharmacognosy of Ayurvedic Drugs. 6 91, 1963.
- _____
"Adhatoda vasica Nees.", Pharmacognosy of Ayurvedic Drugs. 7 59 - 60, 1963.
- Steverson, D.W. "The Shoot Apex of Bougainvillea spectabilis", American Journal of Botany. 65 792 - 794, 1978.
- Tolbert, R.J. "A Seasonal Study of the Vegetative Shoot Apex and the Pattern of Pith Development in Hibiscus syriacus", American Journal of Botany. 48 246 - 255, 1961.
- Tucker, S.C. "Ontogeny and Phyllotaxis of the Terminal Vegetative Shoots of Michelia fuscata", American Journal of Botany. 49 722 - 737, 1962.

Narayana, Aiyer, and Kolammal. "Adhatoda beddomei C.B. Clarke",
Pharmacognosy of Ayurvedic Drugs. 6 62 - 64, 1963.

Drugs. "Asteracantha longifolia Nees.", Pharmacognosy of Ayurvedic
 6 91, 1963.

7 59 - 60, 1963. "Adhatoda vasica Nees.", Pharmacognosy of Ayurvedic Drugs.

Steverson, D.W. "The Shoot Apex of Bougainvillea spectabilis",
American Journal of Botany. 65 792 - 794, 1978.

Tolbert, R.J. "A Seasonal Study of the Vegetative Shoot Apex and the Pattern of Pith Development in Hibiscus syriacus", American Journal of Botany. 48 246 - 255, 1961.

Tucker, S.C. "Ontogeny and Phyllotaxis of the Terminal Vegetative Shoots of Michelia fuscata", American Journal of Botany. 49 722 - 737, 1962.

การพนัน

1. น้ำยา F.A.A ประกอบด้วย

ฟอร์มาลิน 40 %	5	มิลลิลิตร
เอธิลแอลกอฮอล์ 70 %	90	มิลลิลิตร
กลาเซียลวซิติคแอซิก	5	มิลลิลิตร
<u>วิธีเตรียม</u> นำสารละลายทั้งหมดผสมกัน ตามลำดับ		

2. น้ำยาคัดน้ำที่มี เอธิลและนิวทิลแอลกอฮอล์ ผสมกันที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ
ประกอบด้วยส่วนผลดังต่อไปนี้

ระดับที่ สารและ ส่วนผสม (มิลลิลิตร)	1	2	3	4	5	6	7	8
น้ำกลั่น	50	30	15	-	-	-	-	-
เอธิลแอลกอฮอล์ 95 %	40	50	50	40	-	-	-	-
นิวทิลแอลกอฮอล์ 100 %	10	20	35	55	75	100	100	50
เอธิลแอลกอฮอล์ 100 %	-	-	-	-	25	-	-	-
ผงสัฟโฟลิน	-	-	-	-	-	เล็กน้อย	-	-
น้ำมันมาราบิน	-	-	-	-	-	-	-	50

3. น้ำยาคัดสไลด์ของฮอฟท์ ประกอบด้วย

นอกรีเจลาคีน	1	กรัม
ฟลักซีนอล	2	กรัม
กลีเซอริน	15	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

วิธีเตรียม นำนอกซ์เจลาตินใส่ในน้ำกลั่นอุ่นด้วยความร้อน ประมาณ 70 องศา-เซลเซียส จนเจลาตินละลายหมด เติมกลีเซอรินลงไป คนให้เข้ากัน แล้วเติมกลีเซอริน คนให้ละลายจนหมด กรองด้วยผ้ากรอง แล้วเก็บไว้ในขวดหยดสีขาว

4. สีย้อมพอกซิลิน ตามสูตรของเดลาฟิลล์ ประกอบด้วย

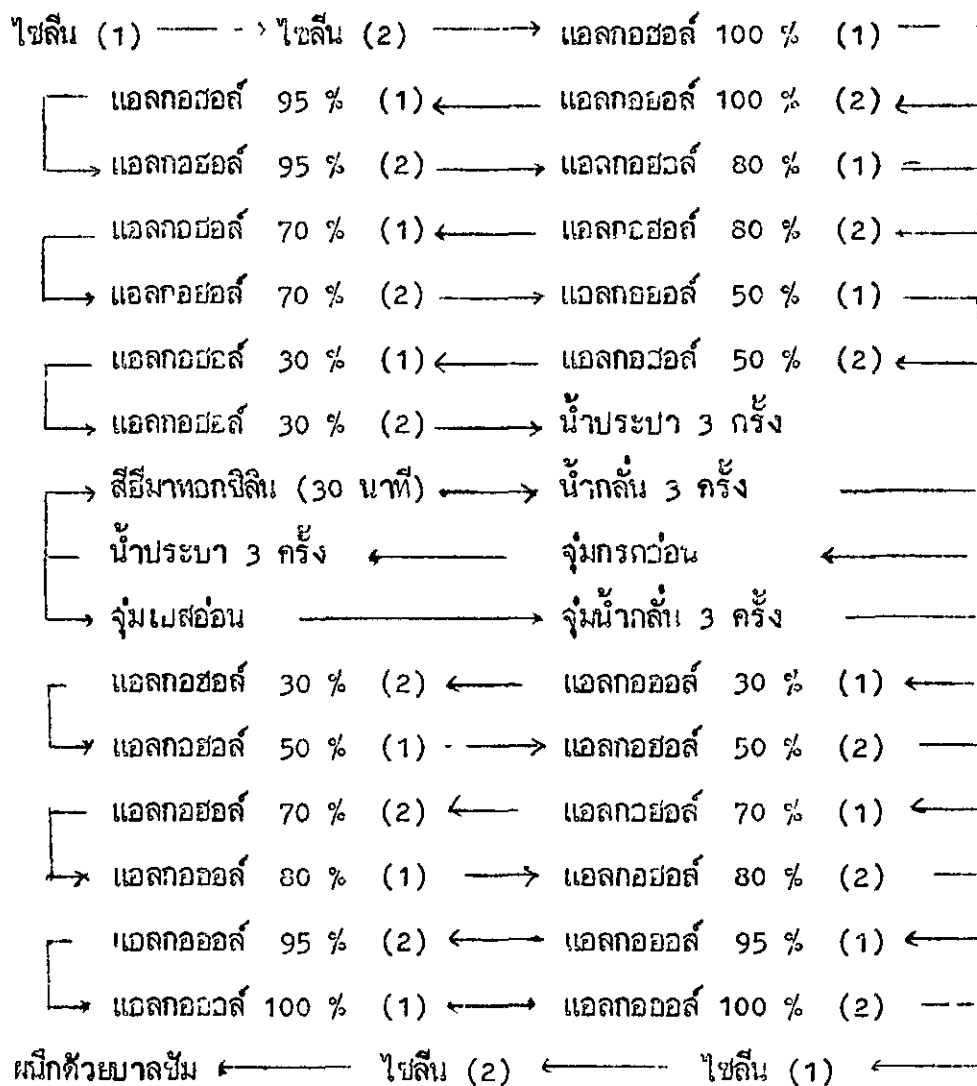
ละลายผงแอมโมเนียมอะลูมิเนียมซัลเฟตที่อุณหภูมิ	400	มิลลิลิตร
สีย้อมพอกซิลิน	4	กรัม
เอทิลแอลกอฮอล์ 95 %	25	มิลลิลิตร
กลีเซอริน	10	มิลลิลิตร
เมทิลแอลกอฮอล์	100	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	400	มิลลิลิตร

วิธีเตรียม

1. ละลายผงแอมโมเนียมอะลูมิเนียมซัลเฟต ในน้ำกลั่นประมาณ 400 มิลลิลิตร จนสารละลายอิ่มตัว กรองผงสารเคมี หรือตะกอนออก
2. ละลายผงสีย้อมพอกซิลินในเอทิลแอลกอฮอล์ จนผงสีย้อมละลายหมด อาจมีตะกอนที่เป็นสารเจือปนหลงเหลืออยู่บ้าง ให้กรองออก
3. นำสารละลายจากข้อ 1 และข้อ 2 มาผสมให้เข้ากัน แล้วเติม กลีเซอริน และเมทิลแอลกอฮอล์ลงไป คนให้เข้ากัน
4. เก็บน้ำสีที่เตรียมไว้ในที่มืดแสงเพื่อช่วยให้ Ripening เร็วขึ้น ซึ่งอาจต้องใช้เวลาราว 2 เดือน หรือจนกว่าน้ำสีจะเป็นสีม่วงแดง

5. วิธีย้อมพาราฟินเชดชั้นด้วยสีย้อมพอกซิลิน มีขั้นตอนตามแผนผังดังนี้

นำแท่งสไลด์ที่มีพาราฟินเชดชั้นติดอยู่ ลงแช่ในน้ำยาต่าง ๆ ตามขั้นตอน ขั้นตอนละ ประมาณ 2 นาที ดังนี้



6. สีฟอสท์กรีนและอีซาฟรานีน ตามสูตรของ Johansen

6.1 สีฟอสท์กรีน ประกอบด้วย

เมธิลเบสไฮโซล	1 ส่วน
เอธิลแอลกอฮอล์ 100 %	1 ส่วน
โคลออยด์ (น้ำยาระบาย)	1 ส่วน
ผงสีฟอสท์กรีน	0.5 % ของส่วนผสมทั้งหมด

วิธีเตรียม นำผงสีละลายในเมธิลเซลโลโซล์ จะละลายหมด เติมเอธิลแอลกอฮอล์ คนให้เข้ากัน แล้วเติมโกลไดออกไซด์ คนให้เข้ากัน กรองผงตะกอนสีออกถ้ามี

6.2 สีขาวปราณิน ประกอบด้วย

เอธิลแอลกอฮอล์ 95 %	100 มิลลิลิตร
โซเทียมอะซิเตท	4 กรัม
ฟอร์มาลีน 40 %	8 มิลลิลิตร
เมธิลเซลโลโซล์	200 มิลลิลิตร
ผงสีขาวปราณิน:	4 กรัม

วิธีเตรียม นำผงสีละลายในเมธิลเซลโลโซล์ จนละลายหมด เติมโซเทียมอะซิเตท คนให้ละลายจนหมด แล้วเติมเอธิลแอลกอฮอล์ ฟอร์มาลีน คนให้เข้ากัน กรองตะกอนสีออกถ้ามี

7. วิธีย้อมพาราฟินเชกชั้นด้วยสีฟาสท์กรีนและสีขาวปราณิน

นำสไลด์ที่มีพาราฟินเชกชั้นลงแช่ในน้ำยาต่าง ๆ ตามขั้นตอน ๆ ละประมาณ 2 นาที
ดังนี้

