

รากแบบกลึงหาในปรงไทยบางชนิด

ปริญญานิพนธ์

ของ

ผจง ตันวัฒนกุล

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
พฤษภาคม 2519

110.35.4.1.1

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ เรื่อง
รากแบบกลึงป่าในปรังไทยบางชนิด ของนายผจง ตันวัฒนกุล ฉบับนี้แล้วเห็น
สมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต ของมหา-
วิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

..... ป.น.อ. อ.ส.อ. ประธาน

..... ส.อ. อ.ส.อ. กรรมการ

..... อ.ส.อ. อ.ส.อ. กรรมการ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำ
อย่างดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญเอื้อ มิลินทสุต ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สาคร ตรีนันทวัน และอาจารย์ เสริมสิน ศิริวัฒนา ผู้เขียนขอขอบพระคุณ
เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

อนึ่งผู้เขียนขอขอบคุณศาสตราจารย์ ดร. เต็ม สมิตินันท์ ผู้-
เชี่ยวชาญทางพฤกษศาสตร์ป่าไม้ กรมป่าไม้ อาจารย์จำลอง เพ็งคล้าย
นักวิชาการป่าไม้เอก และอาจารย์สมชาย สกุลทับ อาจารย์วิทยาลัยครูภูเก็ต
ที่มีส่วนช่วยให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผจง ตันวัฒนกุล

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ความมุ่งหมายในการศึกษา	2
	ความสำคัญของการศึกษา	3
	ขอบเขตของการศึกษา	3
	คำจำกัดความและศัพท์เฉพาะ	4
2	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา	5
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	10
4	ผลการศึกษาและวิจารณ์	14
5	สรุปผล	36
	บรรณานุกรม	37

บัญชีภาพ

ภาพ	หน้า
ก.	12
ข.	13
1-4	22
5-8	23
9-12	24
13-16	25
17-20	26
21-24	27
25-28	28
29-32	29
33-36	30
37-40	31
41-44	32
45-48	33
49-52	34
53-56	35

บทที่ 1

บทนำ

พันธุ์ไม้จำพวกปรงเป็นพืชประเภท Gymnosperms ชนิดหนึ่ง มีอยู่ด้วยกัน 9 genera แพร่กระจายอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของโลก เช่น Dioon และ Ceratozamia ขึ้นอยู่ใน Mexico, Microcycas ขึ้นอยู่ใน West Indies, Zamia ขึ้นอยู่ใน West Indies อเมริกาใต้ ชิลี และตอนใต้ของสหรัฐอเมริกา, Macrozamia และ Bowenia ขึ้นอยู่ในทวีปออสเตรเลีย, Encephalartos และ Stangeria ขึ้นอยู่ในแอฟริกาใต้, Cycas ขึ้นอยู่ในทวีปออสเตรเลียและเอเชีย (Lawrence, 1960)

ในประเทศไทยมีเพียง genus เดียว คือ Cycas ซึ่งมีทั้งหมด 5 species ได้แก่ Cycas siamensis Miq., Cycas rumphii Miq., Cycas circinalis Linn., Cycas pectinata Griff., Cycas micholitzii Dyer var. nov. (Smitinand, 1971)

ปรงทุกชนิดมีรากที่มีลักษณะพิเศษแตกต่างจากรากพืชชนิดอื่น ๆ ตรงที่ว่า รากบางส่วนจะเจริญขึ้นมายังผิวดินจากด้านข้างของรากพิเศษ (adventitious roots) หรือรากแขนง (secondary roots) ที่อยู่บริเวณผิวดินหรือใกล้ ๆ กับใต้ผิวดิน (Milindasuta, 1974) รากเหล่านี้จะแยกแขนงแบบคู่ (dichotomous branching) และอาจจะเจริญชิดกันเป็นกระจุกมีรูปร่างคล้ายกำบังหาอยู่บริเวณผิวดิน (Spratt, 1915; Chamberlain, 1935) เราเรียกรากที่มีลักษณะพิเศษเหล่านี้ว่า "รากแบบกำบังหา" (Coralloid roots. รากกำบังหา, เต็ม สมิตินันท์, 2513) เราอาจจะพบรากแบบกำบังหาบริเวณผิวดินหรือลึกลงไปใต้ดินถึง 30 เซนติเมตร (Schneider, 1894, Life, 1901, Chaudhuri and Akhtar, 1931, Wittmann, Bergersen and

Kennedy, 1965) รากแบบกัลปังหาแต่ละรากจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-3 มิลลิเมตร และเนื่องจากมีการแตกแขนงแบบคู้เป็นระยะ ๆ ทำให้รากเหล่านี้แผ่ออกเป็นกระจุก แทนที่จะเจริญในแนวตั้งเหยียดยาวออกไปเหมือนรากปกติ กระจุกของรากแบบกัลปังหาแต่ละกระจุกอาจมีขนาดตั้งแต่เล็กกว่า 1 เซนติเมตร จนถึง 90 เซนติเมตร (Chaudhuri and Akhtar, 1931; Milindasuta, 1974) รากแบบกัลปังหาที่เจริญเต็มที่แล้วมีสีน้ำตาลเข้ม แต่บริเวณปลายรากจะมีสีเหลืองแกมเขียว (Milindasuta, 1974) ภายในรากแบบกัลปังหาจะมีสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว (blue-green algae) เข้าไปอาศัยอยู่ด้วย สาหร่ายเหล่านี้อาจจะเข้าไปจากภายนอกโดยผ่านรอยแตกบนผิวราก (dermal layer) (Nathanielsz and Staff, 1974, Milindasuta, 1974) การดำรงชีวิตของสาหร่ายที่อาศัยอยู่ภายในรากแบบกัลปังหาอาจเป็นไปในลักษณะ symbiosis โดยสาหร่ายได้อาศัยอาหารในรูปของคาร์โบไฮเดรตจากราก ในขณะที่ตัวมันก็ทำหน้าที่ตรึงไนโตรเจน (nitrogen assimilation) อยู่ภายในรากนั้นด้วย (Hoare et al, 1971) รากแบบกัลปังหาจึงอาจจะทำหน้าที่ตรึงไนโตรเจนและอาจทำหน้าที่แลกเปลี่ยนอากาศ (aeration) (Life, 1901) และหน้าที่สะสมอาหารและน้ำได้ด้วย (Storey, 1967) .

เนื่องจากภายในรากแบบกัลปังหาจะมีสาหร่ายเข้าไปอาศัยอยู่ด้วย จึงทำให้รากชนิดนี้แตกต่างจากรากชนิดอื่น ๆ ทำให้มีผู้สนใจศึกษารากแบบกัลปังหาในปรังชนิดต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง แต่ก็ศึกษากันเฉพาะในปรังต่างประเทศเท่านั้น สำหรับรากแบบกัลปังหาในปรังไทยยังไม่เคยมีใครศึกษามาก่อนเลย

ความมุ่งหมายในการศึกษา

เพื่อ .-

1. สำรวจการปรากฏของรากแบบกัลปังหาในปรังไทยบางชนิดที่ขึ้นในธรรมชาติ

2. สำนวนการปรากฏของสำนวนในรากแบบกลับปงหา

3. ศึกษาพัฒนาการทางกายวิภาคของรากแบบกลับปงหา

ความสำคัญของการศึกษา

ผลการศึกษจะทำให้ทราบถึง

1. การปรากฏของรากแบบกลับปงหาในปรงไทยที่ขึ้นในธรรมชาติ
ชนิดที่ใช้ในการศึกษา

2. การปรากฏของสำนวนในรากแบบกลับปงหา

3. พัฒนาการและโครงสร้างภายในรากแบบกลับปงหา

4. เทคนิคและวิธีการที่ใช้ในการศึกษา

ความรู้ที่ได้จากการศึกษานี้จะเป็นพื้นฐานในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับรากแบบกลับปงหาในขั้นต่อไป

ขอบเขตของการศึกษา

1. สำนวนการปรากฏของรากแบบกลับปงหาในปรงไทยชนิด Cycas siamensis Miq และ Cycas rumphii Miq. ที่ขึ้นในธรรมชาติของประเทศไทย

2. ศึกษาการปรากฏของสำนวนในรากแบบกลับปงหาที่ได้มาจากปรงไทยชนิด Cycas siamensis Miq และ Cycas rumphii Miq. ที่ขึ้นในธรรมชาติของประเทศไทย

3. ศึกษาพัฒนาการและโครงสร้างภายในรากแบบกลับปงหาที่ได้มาจากปรงไทยชนิด Cycas siamensis Miq. และ Cycas rumphii Miq. ที่

ชั้นในธรรมชาติของประเทศไทย

คำจำกัดความและศัพท์เฉพาะ

1. ประโยค หมายถึงพืชที่จัดอยู่ใน Genus *Cycas*, Family *Cycadaceae* ซึ่งได้มีผู้ศึกษา (Smitinand, 1971) พบว่าขึ้นอยู่ในธรรมชาติตามป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง ป่าดิบ ป่าชายหาด หรือเขาหินปูนในประเทศไทย
2. รากแบบกัลปังหา หมายถึงรากปรงที่เจริญออกมาจากด้านข้างของรากพิเศษหรือรากแขนง พบอยู่บริเวณผิวดินหรือใกล้ ๆ กับผิวดินมีลักษณะเป็นกระจุกคล้ายกัลปังหา
3. สาหร่าย หมายถึงสาหร่ายที่อาศัยอยู่ในรากแบบกัลปังหา
4. พัฒนาการ หมายถึงการเจริญเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะทางกายวิภาคของรากแบบกัลปังหา ตั้งแต่เกิดจนเจริญเต็มที่
5. โครงสร้างภายใน หมายถึงลักษณะและตำแหน่งของเนื้อเยื่อที่ประกอบขึ้นเป็นรากแบบกัลปังหา
6. secondary cortex หมายถึงเนื้อเยื่อที่มีลักษณะและตำแหน่งที่อยู่คล้าย cortex ในรากปกติ แต่ไม่ใช่ cortex จริง ๆ เพราะเป็นส่วนของเนื้อเยื่อที่เปลี่ยนแปลงมาจากหมวกราก (rootcap)
7. บริเวณสาหร่าย (algal zone) หมายถึงแหล่งอาศัยของสาหร่ายในรากแบบกัลปังหา

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

จากการค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับรากแบบกัลปังหาในปรังต่างประเทศ พอจะสรุปได้ดังนี้

Schneider (1894) ศึกษารากแบบกัลปังหาใน Cycas revoluta พบว่ารากแบบกัลปังหาในปรังชนิดนี้จะอยู่ในบริเวณผิวดินหรืออาจอยู่ลึกลงไปใต้ดินถึง 1 ฟุต รากนี้จะแยกแขนงแบบคู่ แขนงที่แตกออกมาค่อนข้างสั้นและปลายรากกลม จากการศึกษากายในรากแบบกัลปังหา ปรากฏว่ามีสาหร่ายชนิด Nostoc commune เข้าไปอาศัยอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ของชั้น cortex สาหร่ายพวกนี้ทำให้เกิดเซลล์พิเศษขึ้นมาในชั้น cortex

Life (1901) ศึกษารากแบบกัลปังหาใน Cycas revoluta พบว่าปลายรากแบบกัลปังหาไม่มีหมวกรากที่แท้จริง แต่จะมีเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์หลายชั้นห่อหุ้มปลายราก และเมื่อรากเจริญต่อไปเนื้อเยื่อเหล่านี้จะทำหน้าที่ปกคลุมรากแบบกัลปังหาคล้ายกับเป็น outer cortex ของราก บนรากแบบกัลปังหาจะมี lenticels มากมาย จากการศึกษากายในรากแบบกัลปังหา ปรากฏว่ามีสาหร่ายและแบคทีเรียอาศัยอยู่ในชั้นของ cortex เขาได้สรุปว่า รากแบบกัลปังหาทำหน้าที่อย่างน้อย 2 อย่างคือ แลกเปลี่ยนอากาศและตรึงไนโตรเจน

Schneider (1894) และ Life (1901) มีความเห็นเหมือนกันว่า โครงสร้างในเนื้อเยื่อลำเลียง (vascular cylinder) ของรากแบบกัลปังหา มีลักษณะเหมือนกับรากธรรมดาทั่ว ๆ ไป

Spratt (1915) ศึกษารากแบบกัลปังหาในปรังหลายชนิด พบว่าปรังทุกชนิดมีรากแบบกัลปังหาซึ่งเจริญเปลี่ยนแปลงมาจากรากแขนง (lateral

roots) บนรากแบบกัลปังหาจะมี lenticels กระจายทั่วไปภายในรากทางด้านนอกของบริเวณสาหร่ายจะมี phellogen ทำหน้าที่สร้างเซลล์พวก parenchyma เข้าไปสู่ด้านในและออกมาทางด้านนอกประมาณด้านละ 2-3 ชั้น ซึ่งชั้นของเซลล์เหล่านี้ทำหน้าที่ปกคลุมบริเวณสาหร่ายเอาไว้ บริเวณสาหร่ายจะมีช่องว่างระหว่างเซลล์ขนาดใหญ่ซึ่งมีสาหร่ายพวก Anabaena และแบคทีเรียพวก Azotobacter อาศัยอยู่ในช่องว่างเหล่านั้น

Life (1901) และ Spratt (1915) พบเหมือนกันว่าบริเวณสาหร่ายจะเกิดขึ้นติดต่อกันตั้งแต่บริเวณโคนของรากแบบกัลปังหาจนเกือบถึงปลายราก ยกเว้นบริเวณปลายรากและใต้ lenticels จะไม่มีบริเวณสาหร่าย

McLuckie (1922) ศึกษารากแบบกัลปังหาใน Macrozamia spiralis พบว่าปลายรากแบบกัลปังหาจะมีหมวกรากซึ่งมีลักษณะถาวรปกคลุมผิวรากอยู่ตลอดไป เยื่อที่ปกคลุมผิวรากแบบกัลปังหานี้มีลักษณะเหมือนกับ velamen ของรากอากาศในกล้วยไม้ ภายในรากแบบกัลปังหาจะพบแบคทีเรียอาศัยอยู่ภายในเซลล์ แต่ไม่พบบริเวณสาหร่ายในรากแบบกัลปังหาของปรังชนิดนี้

Life (1901) และ McLuckie (1922) มีความเห็นเหมือนกันว่า รากแบบกัลปังหาทำหน้าที่เกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนอากาศ

Chaudhuri and Akhtar (1931) ศึกษารากแบบกัลปังหาใน Cycas revoluta, Cycas circinalis และ Zamia floridana พบว่ารากแบบกัลปังหาเจริญออกมาจากด้านข้างหรือปลายสุดของรากแขนง ซึ่งอาจจะอยู่บริเวณผิวดินหรือลึกลงไปใต้ดินถึง 1 ฟุต ปลายรากแบบกัลปังหาจะแยกแขนงแบบคู่ แต่ละแขนงค่อนข้างสั้นและปลายกลม แขนงเหล่านี้อาจจะรวมกันเป็นกระจุกคล้ายกัลปังหาหรือไม่รวมกันก็ได้ บนรากเหล่านี้จะมี lenticels โตกว่าและมากกว่าในรากธรรมดา ลักษณะภายในรากจะมีบริเวณสาหร่ายอยู่ตรงกลางของ cortex เป็นวงรอบ และจะติดต่อกันเป็นแนวตลอดความยาวของ

ราก ยกเว้นบริเวณปลายรากและบริเวณตรงข้ามกับ lenticels จะไม่มีบริเวณ
สำหรับ

Schneider (1894), Spratt (1915), Chaudhuri and
Akhtar (1931) พบเหมือนกันว่าบริเวณสำหรับเป็นเซลล์พิเศษที่พบเฉพาะใน
cortex เท่านั้น

Chamberlain (1935) อธิบายเกี่ยวกับรากแบบกัลปังหาในปรง
ไว้ว่า ปรงทุกชนิดจะมีรากที่เจริญขึ้นมาเหนือผิวดินแล้วแยกแขนงแบบคู่และติดกัน
เป็นกระจุกคล้ายกัลปังหาอยู่เหนือผิวดิน โครงสร้างของเนื้อเยื่อลำเลียงมีลักษณะ
เหมือนกับรากธรรมาศทั่ว ๆ ไป แต่บริเวณใกล้ ๆ ปลายรากจะมีปากเตรียอาศัย
อยู่ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้รากมีลักษณะเปลี่ยนไปจากเดิม เพื่อเป็นการ
เตรียมช่องทางให้สำหรับสื่อน้ำเงินแกมเขียวพวก Anabaena ผ่านเข้าไปในราก
สำหรับที่อาศัยอยู่ภายในรากแบบกัลปังหาจะแบ่งเซลล์อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิด
บริเวณสื่อน้ำเงินแกมเขียวขึ้นมาตรงกลางระหว่างเนื้อเยื่อลำเลียงกับเนื้อเยื่อผิว
(epidermis) และบริเวณนี้จะประกอบด้วยเซลล์เพียงแถวเดียว ซึ่งเซลล์เหล่านี้
นี้จะขยายยาวออกในแนวรัศมี ทำให้บริเวณนี้มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

Wittmann, Bergersen, and Kennedy (1965) ศึกษาาราก
แบบกัลปังหาใน Macrozamia communis พบว่ารากแบบกัลปังหาอาจจะอยู่ที่
ผิวดินหรือลึกลงไปในดินถึง 30 เซนติเมตร เนื้อเยื่อของหมวกรากจะเปลี่ยน
แปลงไปเป็น secondary cortex ซึ่งจะปกคลุมผิวนอกของรากแบบกัลปังหา
ตลอดไป ใต้ secondary cortex จะมีเซลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นเนื้อเยื่อผิว
เพียงแถวเดียว และเซลล์ในแถวนี้จะขยายยาวออกในแนวรัศมีเพื่อสร้างบริเวณ
สำหรับขึ้นมา ช่องว่างระหว่างเซลล์ในบริเวณสำหรับจะมีสำหรับสื่อน้ำเงินแกม
เขียวเข้าไปอาศัยอยู่ สำหรับรากแบบกัลปังหาที่ยังไม่มีสำหรับเข้าไปอาศัย
เซลล์ที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นเนื้อเยื่อผิวจะเห็นไม่ค่อยชัดเจน

Hoare et al. (1971) ศึกษาการดำรงชีวิตของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวพวก Nostoc ซึ่งแยกออกมาจากรากแบบกัลปังหาใน Macrozamia lucida พบว่าสาหร่ายชนิดนี้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในลักษณะ heterotrophic ในที่ซึ่งไม่มีแสงและอาจจะมีหรือไม่มีอากาศก็ได้ และยังสามารถจะตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ด้วย ฉะนั้นจึงเป็นที่เข้าใจกันว่า Nostoc ที่อาศัยอยู่ในรากแบบกัลปังหาสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้โดยใช้คาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ภายในรากของต้นปรง และทำหน้าที่ให้กลุ่มประโยชน์กับต้นปรงโดยการช่วยตรึงไนโตรเจน

Nathanielsz and Staff (1974) ศึกษาทางเข้าของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่อาศัยอยู่ภายในรากแบบกัลปังหาใน Macrozamia communis พบว่าสาหร่ายจะเข้าไปทางรอยแตกบนผิวของราก แล้วผ่านไปตามช่องในชั้นของ secondary cortex จนถึงบริเวณสาหร่าย

Staff and Nathanielsz (1974) ศึกษาการปรากฏของสาหร่ายภายในรากแบบกัลปังหาใน Macrozamia communis พบว่าสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวชนิด Anabaena และ Nostoc มีอยู่ทั้งภายในเซลล์และระหว่างเซลล์ของชั้น cortex

Milindasuta (1974) ศึกษาพัฒนาการของรากแบบกัลปังหาใน Ceratozamia mexicana, Ceratozamia sp, Cycas circinalis, Cycas revoluta, Dioon edule, Stangeria paradoxa และ Zamia sp. พบว่ารากแบบกัลปังหาเจริญออกมาจากด้านข้างของรากพิเศษหรือรากแขนงซึ่งอยู่บริเวณผิวดินหรือใกล้ ๆ กับใต้ผิวดิน รากแบบกัลปังหาจะมีหมวกรากที่ประกอบด้วยเซลล์ราว 10 ชั้น เมื่อรากเจริญเต็มที่แล้วเซลล์เหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงไปเป็น secondary cortex และเกิดกลุ่มผิวรากอย่างถาวร การปรากฏของบริเวณสาหร่ายจะเกิดขึ้นในชั้นของเซลล์ที่เทียบได้กับ protoderm ในรากธรรมดา ส่วนพัฒนาการของ cortex และเนื้อเยื่อลำเลียงในรากแบบกัลปังหา

เหมือนกับรากธรรมดาทั่ว ๆ ไป

Nathanielsz and Staff (1974) และ Milindasuta (1974) มีความเห็นเหมือนกันว่าสาหร่ายที่อาศัยอยู่ในรากแบบกัลปังหาเข้าไปจากภายนอกโดยผ่านทางรอยแตกบนผิวของราก

Smitinand (1971) ศึกษาพันธุ์ไม้จำพวกปรงของไทยที่ขึ้นอยู่ในธรรมชาติของประเทศไทย พบว่ามีอยู่ 5 ชนิด แต่ละชนิดจะขึ้นอยู่ในสภาพป่าและพื้นที่ที่มีลักษณะต่าง ๆ กันดังนี้ :-

Cycas siamensis ขึ้นในดินทรายหรือกรวดลูกรังในป่าเบญจ-
พรรณ และป่าเต็งรังในจังหวัดลำปาง แพร่ ตาก เพชรบูรณ์ สกลนคร
ชัยภูมิ นครราชสีมา กาญจนบุรี สุพรรณบุรี ประจวบคีรีขันธ์

Cycas pectinata ขึ้นในป่าเบญจพรรณหรือป่าดิบที่มีหินปูน หรือ
ตามเขาหินปูนทั่ว ๆ ไปในจังหวัดเชียงใหม่ แพร่ สุโขทัย เลย สบบุรี

Cycas rumphii ขึ้นในป่าชายหาดจังหวัดตราด ชุมพร
สุราษฎร์ธานี ระนอง ตรัง

Cycas micholitzii ขึ้นในป่าดิบทั่ว ๆ ไป ตามเขาระดับต่ำ
ทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือในจังหวัดเชียงใหม่ แพร่ เลย

Cycas circinalis ขึ้นในป่าดิบชื้นทางภาคใต้ในจังหวัดประจวบ-
คีรีขันธ์ นราธิวาส

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับรากแบบกัลปังหาในปรังไทยบางชนิดครั้งนี้ ใช้ปรังไทยชนิด Cycas siamensis Miq. ซึ่งขึ้นในธรรมชาติที่ ตำบลสะแก-ราช อำเภอบักรังชัย จังหวัดนครราชสีมา และปรังไทยชนิด Cycas rumphii Miq. ซึ่งขึ้นในธรรมชาติที่ ตำบลเชิงทะเล อำเภอดงหลวง จังหวัดภูเก็ต (แผนที่ ก. และ ข.)

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า แบ่งออกเป็นขั้น ๆ ดังนี้

1. ศึกษาการปรากฏของรากแบบกัลปังหาใน Cycas siamensis Miq. และ Cycas rumphii Miq. ที่ขึ้นในธรรมชาติ โดยใช้กล้องถ่ายภาพบันทึกรูปร่างลักษณะและจุดกำเนิดของรากแบบกัลปังหาที่อยู่ในธรรมชาติ

2. เลือกรากที่จะใช้ในการศึกษาค้นคว้า ซึ่งแยกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

- 2.1 รากแขนงที่มีรากแบบกัลปังหากำลังแตกออกมาเป็นปุ่มเล็ก ๆ
- 2.2 รากแบบกัลปังหาที่กำลังเจริญ
- 2.3 รากแบบกัลปังหาที่เจริญเต็มที่แล้ว

3. ตัดรากแต่ละประเภทออกเป็นท่อน ๆ ยาวท่อนละประมาณ 5 มิลลิเมตร ถ้าเป็นรากแบบกัลปังหาจะตัดจากปลายรากถึงโคนราก แต่ถ้าเป็นรากแขนงก็ตัดเฉพาะส่วนที่มีปุ่มรากแบบกัลปังหาติดอยู่ด้วย แล้วแช่ใน Craif V (Sass, 1958)

4. นำรากเหล่านี้มาศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยการทำเป็นสไลด์ถาวร โดยวิธีพาราฟิน (Paraffin method) ย้อมด้วยสี Safranin กับ Fast-green (Johansen, 1940) แล้วศึกษากับกล้องจุลทรรศน์และถ่ายภาพไว้เป็นหลักฐาน



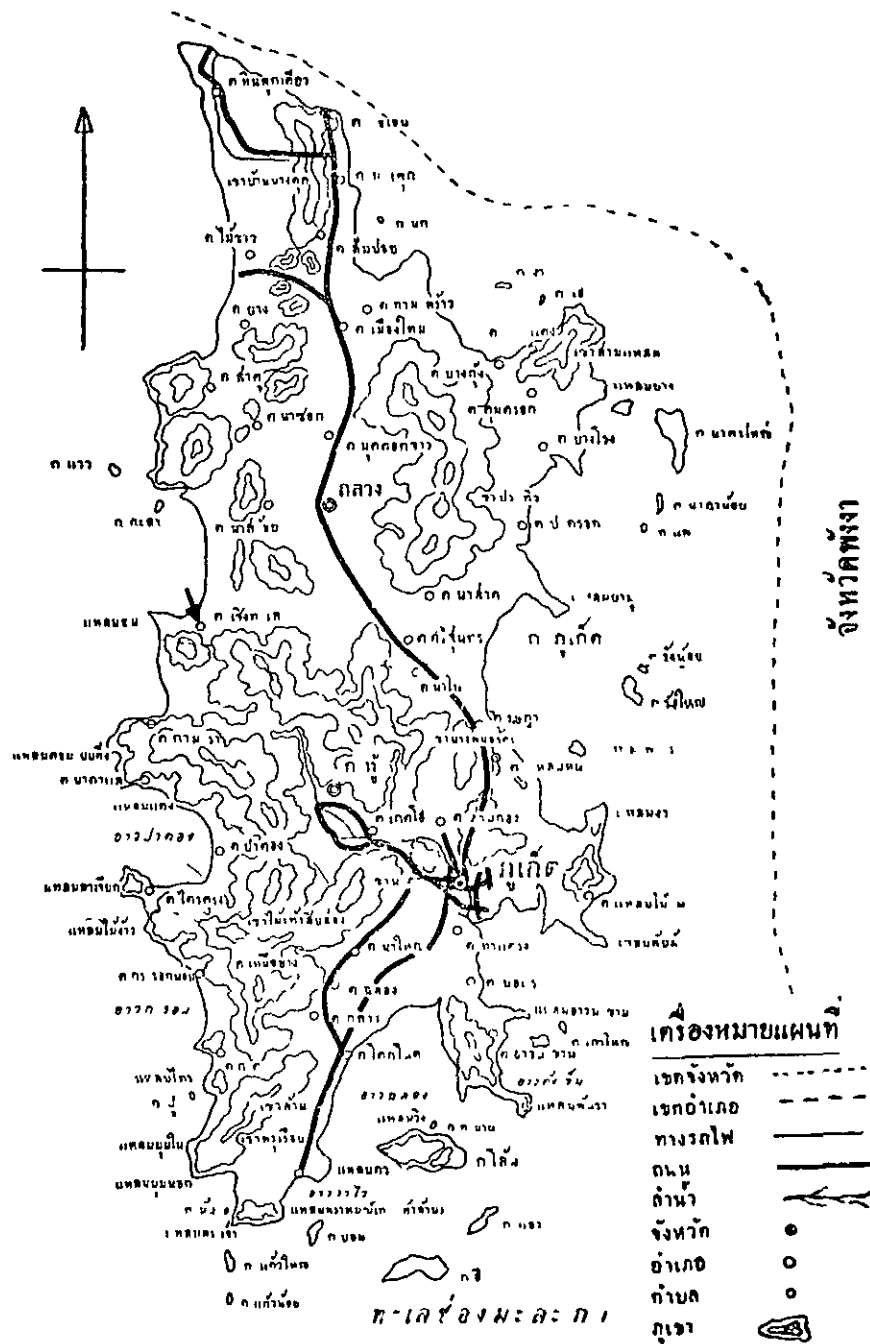
เขตจังหวัด _____
เขตอำเภอ _____
ทางรถไฟ _____
ถนน _____

กวน้ำ
จังหวัด
อำเภอ
ตำบล

จังหวัดปราจีนบุรี

ก. แผนที่แสดงแหล่งที่พบ Cycas siamensis ณ ตำบลสะแกราช
อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา

മുഖം



ข แผนที่แสดงแหล่งที่พบ *Cycas rumphii* ณ ตำบลเชิงทะเล
อำเภอลำปาง จังหวัดภูเก็ต

บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาแหล่งที่มีต้นปรงขึ้นอยู่ตามธรรมชาติในประเทศไทย ปรากฏว่าที่ตำบลสะแกราช อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา เป็นแหล่งหนึ่งที่พบ *Cycas siamensis* Miq. ขึ้นอยู่ในบริเวณพื้นที่ที่เป็นภูเขาและป่าเต็งรัง ผิวดินมีก้อนหินกระจายอยู่ทั่วไป (ภาพที่ 1, 2) และที่ตำบลเชิงทะเล อำเภอดงหลวง จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นแหล่งหนึ่งที่พบ *Cycas rumphii* Miq. ขึ้นอยู่ในบริเวณพื้นที่ที่เป็นที่ราบและป่าชายหาด ผิวดินประกอบด้วยทรายล้วน ๆ (ภาพที่ 3, 4) ปรงไทยทั้งสองชนิดที่ขึ้นในธรรมชาติปรากฏว่า มีรากแบบกัลปังหาเจริญอยู่บริเวณผิวดินหรือใต้ผิวดินใกล้ ๆ กับลำต้น (ภาพที่ 5, 6, 7, 8) รากเหล่านี้ส่วนมากเจริญออกมาจากด้านข้างหรือปลายรากแขนง แต่มีบางส่วนเจริญออกมาจากปลายรากพิเศษ (ภาพที่ 10)

ใน *Cycas rumphii* Miq. พบว่ารากแบบกัลปังหาที่เจริญออกมาจากด้านข้างหรือปลายสุดของรากแขนงจะอยู่บริเวณผิวดิน ใต้ผิวดินหรือลึกลงไป ในดินถึง 15 เซนติเมตร และรากเหล่านี้อาจจะอยู่ใกล้ ๆ กับลำต้นหรือห่างจากลำต้นถึงครึ่งเมตร (ภาพที่ 7, 9) ส่วนรากแบบกัลปังหาที่เจริญออกมาจากปลายรากพิเศษมักจะอยู่บริเวณใต้ผิวดินใกล้ ๆ กับลำต้น (ภาพที่ 10) กระจกของรากแบบกัลปังหาที่เกิดจากรากแขนงจะมีขนาดใหญ่กว่ากระจกของรากแบบกัลปังหาที่เกิดจากรากพิเศษ ทั้งรากแขนงและรากพิเศษที่ให้กำเนิดรากแบบกัลปังหา มักจะเจริญขึ้นมาใกล้ ๆ กับใต้ผิวดินแล้วจึงมีรากแบบกัลปังหาเกิดขึ้น (ภาพที่ 9, 10)

ใน *Cycas siamensis* Miq. พบว่ารากแบบกัลปังหาเจริญออกมาจากด้านข้างหรือปลายสุดของรากแขนง (ภาพที่ 11, 12) แต่ไม่พบรากแบบกัลปังหาที่เจริญออกมาจากรากพิเศษเลย และรากแบบกัลปังหาที่พบมักอยู่บริเวณ

ใต้ผิวดินใกล้ ๆ กับลำต้น (ภาพที่ 5, 6) รากแขนงที่ให้กำเนิดรากแบบกัลปังหา มักจะเจริญขึ้นมาใกล้ ๆ กับใต้ผิวดินแล้วจึงมีรากแบบกัลปังหาเกิดขึ้น (ภาพที่ 11, 12)

รากแบบกัลปังหาที่เกิดขึ้นใหม่ ๆ จะมีลักษณะเป็นปุ่มเล็ก ๆ เจริญออกมาจากรากเดิม ปลายรากจะกลมมนและมีสีน้ำตาลอ่อน บางรากเริ่มแยกแขนงแบบคู่ (ภาพที่ 13, 14, 15, 16) และเริ่มมี lenticels เกิดขึ้นบนผิวของราก ภายในรากแบบกัลปังหาที่เกิดขึ้นใหม่ ๆ นี้ไม่พบสากหร่ายเข้าไปอาศัยอยู่เลย ต่อมาการแยกแขนงแบบคู่จะเพิ่มมากขึ้นทุกที จนกระทั่งเกิดเป็นกระจุกของรากที่มีลักษณะคล้ายกัลปังหา ซึ่งแต่ละกระจุกอาจมีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่สั้นน้อยกว่า 1 เซนติเมตร จนถึง 20 เซนติเมตร (ภาพที่ 17, 18) รากแบบกัลปังหาที่เจริญเต็มที่แล้วมีสีน้ำตาลเข้ม ส่วนบริเวณปลายรากจะกลมมนและมีสีน้ำตาลแกมเขียวอ่อน แต่ละรากมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ความยาวของรากไม่แน่นอน บนรากเหล่านี้มี lenticels เป็นจำนวนมาก (ภาพที่ 19, 20) รากแบบกัลปังหาแต่ละรากใน Cycas rumphii Miq. จะมีขนาดใหญ่กว่า ยาวกว่า และมี lenticels มากกว่าใน Cycas siamensis Miq. รากแบบกัลปังหาในปรังไทยทั้งสองชนิดที่ใช้ในการศึกษา ปรากฏว่าเมื่อเจริญเต็มที่แล้วจะมีสากหร่ายสีน้ำตาลเงินแกมเขียวเข้าไปอาศัยอยู่ภายในรากด้วย (ภาพที่ 19, 20)

เมื่อตัดรากแขนงที่มีปุ่มรากแบบกัลปังหาเริ่มเกิดขึ้น ทั้งตามขวางและตามยาว ปรากฏว่ารากแบบกัลปังหาเริ่มเจริญออกมาจากเนื้อเยื่อในชั้น pericycle แล้วจึงคืบผ่าน cortex ออกมาทางด้านข้างของรากแขนง (ภาพที่ 21, 22, 23) รากแบบกัลปังหาที่เจริญออกมานี้จะเจริญต่อไปจนยาวประมาณ 2-5 มิลลิเมตร ก็เริ่มแยกแขนงแบบคู่ (ภาพที่ 25) ใน Cycas siamensis Miq. รากแบบกัลปังหาอาจจะเจริญออกมาพร้อม ๆ กันหลายรากจากเนื้อเยื่อบริเวณปลายรากแขนง (ภาพที่ 24) รากแขนงที่ให้กำเนิดรากแบบกัลปังหาใน

ปรังไทยทั้งสองชนิดที่ใช้ในการศึกษา จะมีการจัดเรียงตัวของ protoxylem poles แบบ diarch (ภาพที่ 28) รากแบบกัลปังหาที่เพิ่งจะเจริญออกมาจากรากแขนงในระยะแรก ๆ ปรากฏว่าไม่พบสัณฐานภายในรากเลย แต่พอเจริญต่อไปจนเริ่มเป็นกระดูกก็จะพบสัณฐานเข้าไปอาศัยอยู่ภายในรากด้วย สัณฐานเหล่านี้เข้าสู่รากแบบกัลปังหาด้วยวิธีใดนั้นยังไม่มีหลักฐานยืนยันแน่นอน Nathanielsz and Staff (1974) และ Milindasuta (1974) ได้ศึกษาเกี่ยวกับทางเข้าของสัณฐานในรากแบบกัลปังหา และให้ความเห็นไว้ว่าสัณฐานที่อาศัยอยู่ภายในรากแบบกัลปังหาจะเข้าไปทางรอยแตกบนผิวของรากในระยะที่รากแบบกัลปังหายังอ่อนอยู่และยังไม่มี periderm เกิดขึ้น สำหรับการศึกษารากแบบกัลปังหาในปรังไทยครั้งนี้ไม่พบร่องรอยทางเข้าของสัณฐานเลย ดังนั้นจึงไม่สามารถยืนยันได้ว่าสัณฐานเข้าสู่รากแบบกัลปังหาโดยวิธีใด

การศึกษาพัฒนาการและโครงสร้างภายในรากแบบกัลปังหาของปรังไทยทั้งสองชนิดนี้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Milindasuta (1974) ซึ่งได้ศึกษารากแบบกัลปังหาใน Ceratozamia mexicana, Ceratozamia sp., Cycas circinalis, Cycas revoluta, Dioon edule, Stangeria paradoxa, และ Zamia sp. ผลการศึกษารากแบบกัลปังหาของ Cycas rumphii และ Cycas siamensis ในระยะที่เพิ่งจะเจริญออกมาจากรากแขนงและยังไม่มีสัณฐานเข้าไปอาศัย ปรากฏว่าเซลล์บริเวณหมวกรากทางด้านนอกจะมีขนาดใหญ่ ก่อนข้างกลมและไม่ค่อยยึดเกาะซึ่งกันและกัน (ภาพที่ 26, 27) ต่อมาเมื่อมี periderm เกิดขึ้นเซลล์เหล่านี้จะค่อย ๆ หดไป แต่เซลล์ของหมวกรากที่อยู่ทางด้านในของ periderm ยังคงติดอยู่และกลายมาเป็น secondary cortex (ภาพที่ 29, 30) เนื้อเยื่อชนิดนี้อยู่ทางด้านนอกของเนื้อเยื่อที่เปลี่ยนแปลงมาจาก protoderm และจะปกคลุมผิวรากแบบกัลปังหาอย่างถาวร ต่างจากรากธรรมดาของ Cycas rumphii และ Cycas siamensis ซึ่งหมวกรากจะหลุดไปหมดคงเหลือแต่ส่วนของเนื้อเยื่อผิวปกคลุมราก

อยู่เท่านั้น (ภาพที่ 31, 32)

สำหรับการเจริญเปลี่ยนแปลงของหมวรากในรากแบบกัลปังหาได้มีผู้สนใจและศึกษามาก่อนหลายท่าน Life (1901) พบว่ารากแบบกัลปังหาไม่มีหมวรากที่แท้จริง แต่จะมีเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์หลายชั้นห่อหุ้มปลายรากไว้ เมื่อรากเจริญต่อไปเนื้อเยื่อเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงไปเป็นส่วนที่ปกคลุมผิวรากแบบกัลปังหาคล้ายกับเป็น outer cortex ของราก ผลการศึกษาของ Life (1901) ได้รับการยืนยันจาก McLuckie (1922) ซึ่งสรุปว่าปลายรากแบบกัลปังหาจะมีเนื้อเยื่อที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นหมวรากเพื่อปกคลุมผิวรากแบบกัลปังหาอย่างถาวร และเนื้อเยื่อที่ปกคลุมผิวรากแบบกัลปังหานี้มีลักษณะคล้ายกับ velamen ของรากอากาศในกล้วยไม้ Wittmann, Bergersen, and Kennedy (1965) และ Milindasuta (1974) ศึกษารากแบบกัลปังหาของปรงหลายชนิดและยืนยันว่า เนื้อเยื่อของหมวรากแบบกัลปังหาจะเปลี่ยนแปลงไปเป็น secondary cortex ซึ่งจะปกคลุมผิวรากแบบกัลปังหาอย่างถาวร ผลการศึกษการเปลี่ยนแปลงของหมวรากในรากแบบกัลปังหาของ Cycas rumphii และ Cycas siamensis พบว่าเนื้อเยื่อของหมวรากจะเปลี่ยนแปลงไปเป็น secondary cortex และจะปกคลุมผิวรากแบบกัลปังหาอย่างถาวร ซึ่งตรงกันกับผลการศึกษาของ Life, 1901; McLuckie, 1922, Wittmann, Bergeresen, and Kennedy, 1965, และ Milindasuta, 1974 ซึ่งได้กล่าวมาแล้ว

การเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเจริญบริเวณปลายรากแบบกัลปังหาที่มีสาหร่ายเข้าไปอาศัยอยู่ภายในรากแล้ว ปรากฏว่า protoderm ซึ่งเป็นชั้นของเซลล์ที่เห็นได้ชัดเจนอันมีจุดกำเนิดมาจากเนื้อเยื่อบริเวณชั้นในสุดของหมวราก จะเป็นเซลล์เพียงแถวเดียวที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นบริเวณสาหร่ายต่อไป (ภาพที่ 29, 30, 33) ส่วนเซลล์ในชั้น protoderm ในรากแบบกัลปังหาที่ยังไม่มีสาหร่ายเข้าไปอาศัยจะเห็นไม่ชัดเจน และไม่มีร่องรอยของการเปลี่ยนแปลงไปเป็นบริเวณ

สำหรับตัวอย่างใด (ภาพที่ 34) การเปลี่ยนแปลงของเซลล์ในชั้น protoderm จนกลายเป็นบริเวณสำหรับ Milindasuta (1974) ได้อธิบายไว้ว่าเซลล์ชั้นนี้ในระยะเริ่มต้นของการเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงจะมีการขยายตัวออกไปในแนวตั้งพร้อม ๆ กับ cortex และหมวกรก โดยอาศัยการแบ่งตัวตามขวางและการขยายเซลล์ที่ละน้อย ต่อมาจึงเริ่มมีการขยายออกส่วนใหญ่ในแนวรัศมี ในขณะที่ cortex และหมวกรกมีการขยายออกส่วนใหญ่ในแนวตั้ง ด้วยวิธีการของการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันในระยะหลังนี้เอง ทำให้เซลล์ชั้นนี้กว้างออกผิดปกติ แต่ในขณะเดียวกันเนื่องจากขยายตัวในแนวตั้งไม่ทันกับ cortex และหมวกรก จึงทำให้ผนังเซลล์ในชั้นนี้แยกออกจากกันทั้งในแนวรัศมีและแนวตามขวาง คงเหลือแต่ผนังเซลล์ด้านแนวสัมผัสซึ่งยังติดอยู่กับ cortex และหมวกรก จึงเกิดเป็นช่องว่างระหว่างเซลล์ให้สำหรับได้เข้าไปอาศัย และกลายเป็นบริเวณสำหรับในที่สุด จากการศึกษาการากแบบกัลปังหาของ *Cycas rumphii* และ *Cycas siamensis* ที่ได้ทำในครั้งนีพบว่าเซลล์ในชั้น protoderm จะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อพบสำหรับแทรกเข้าอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์บ้างแล้ว (ภาพที่ 35) ซึ่งในทางตรงกันข้ามการากแบบกัลปังหาที่ยังไม่มีสำหรับเข้าไปอาศัยอยู่ภายในการากเซลล์ในชั้น protoderm จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย (ภาพที่ 26, 27, 34) อย่างไรก็ตามไม่มีหลักฐานที่จะยืนยันได้แน่นอนว่า เซลล์บริเวณ protoderm เปลี่ยนแปลงเป็นบริเวณสำหรับก่อนแล้วจึงมีสำหรับเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ หรือว่าสำหรับแทรกเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ก่อนแล้วจึงทำให้เซลล์ในบริเวณ protoderm เปลี่ยนแปลงเป็นบริเวณสำหรับ

การศึกษาแหล่งอาศัยของสำหรับภายในการากแบบกัลปังหาของปรงไทยทั้งสองชนิด ปรากฏว่าสำหรับส่วนมากจะอาศัยอยู่ภายในช่องว่างระหว่างเซลล์ในบริเวณสำหรับ (ภาพที่ 36, 37, 38, 39, 40) แต่มีสำหรับบางส่วนอาศัยอยู่ภายในเซลล์และระหว่างเซลล์ในชั้น cortex และ secondary cortex (ภาพที่ 41, 42, 43, 44) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Milindasuta

(1974) และ Staff and Nathanielsz (1974) บริเวณสาหร่ายจะปรากฏเป็นวงรอบ cortex ตั้งแต่โคนรากจนเกือบถึงปลายราก (ภาพที่ 45, 46) และจะพบเฉพาะในรากแบบกัลปังหาที่มีสาหร่ายเข้าไปอาศัยอยู่ภายในรากแล้วเท่านั้น ส่วนรากแบบกัลปังหาอ่อน ๆ ที่ยังไม่มีสาหร่ายเข้าไปอาศัยนั้น ปรากฏว่าไม่พบบริเวณสาหร่ายเกิดขึ้นเลย (ภาพที่ 47)

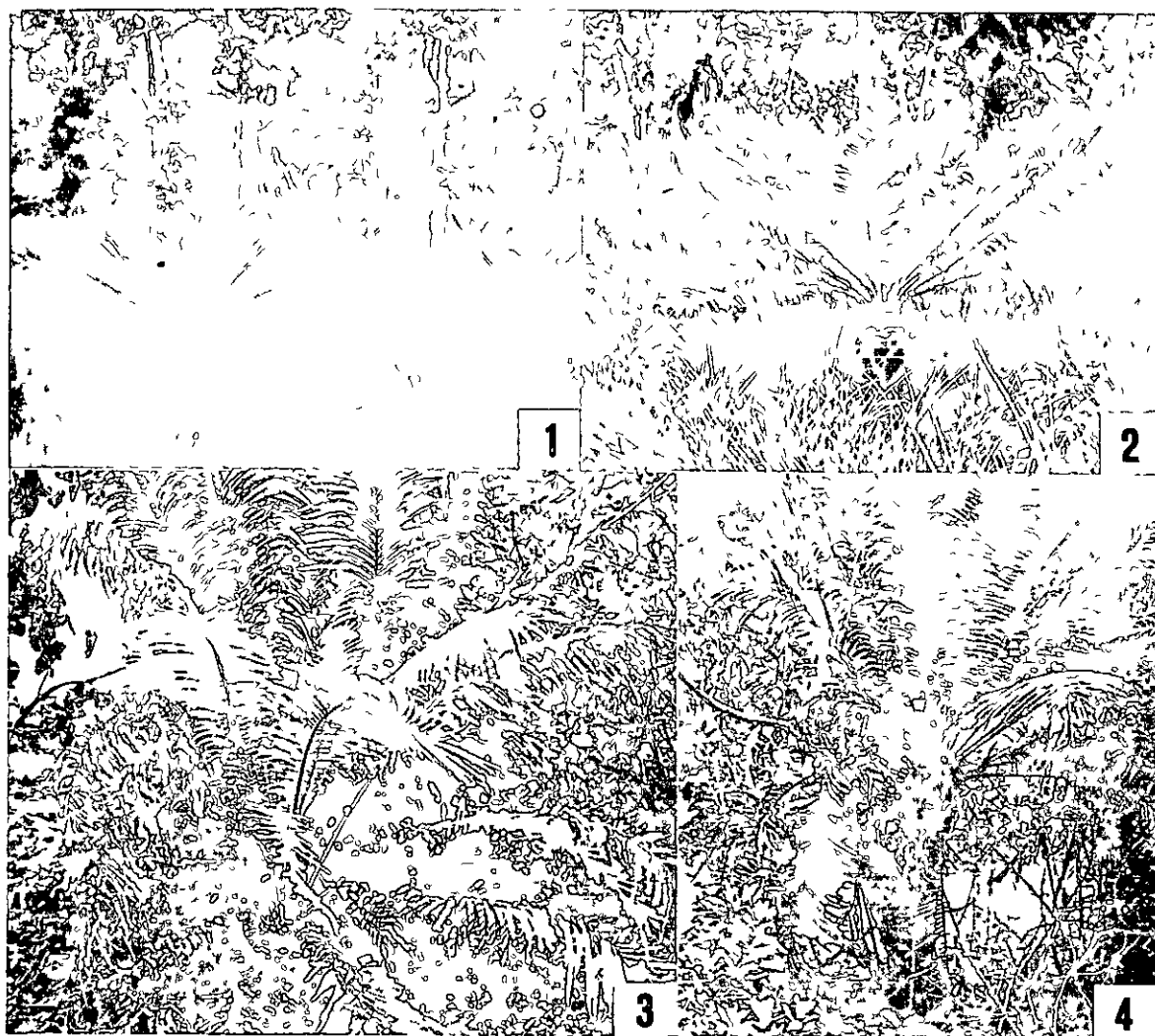
สาหร่ายที่อาศัยอยู่ในบริเวณสาหร่ายมีรูปร่างเซลล์ค่อนข้างกลมและเรียงต่อกันเป็นสายยาวคล้ายลูกปัด (ภาพที่ 37, 38, 39, 40) แต่พวกที่อาศัยอยู่ในเซลล์และระหว่างเซลล์นอกบริเวณสาหร่ายมักจะอยู่เป็นเซลล์เดี่ยว ๆ หรือต่อกันเป็นสายสั้น ๆ (ภาพที่ 41, 42, 43, 44) ลักษณะรูปร่างของเซลล์สาหร่ายที่อาศัยอยู่ในรากแบบกัลปังหาเป็นลักษณะของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวพวก Nostoc หรือ Anabaena ซึ่งสอดคล้องกับผลการวินิจฉัยของผู้ที่ศึกษามาก่อน (Schneider, 1894; Spratt, 1915, Chaudhuri and Akhtar, 1931, และ Bowyer and Skerman, 1968)

เนื้อเยื่อทางด้านในของบริเวณสาหร่ายจะเป็น cortex ซึ่งเจริญเปลี่ยนแปลงมาจากเนื้อเยื่อเจริญบริเวณปลายรากในชั้น ground meristem (ภาพที่ 48) ลักษณะการเจริญเปลี่ยนแปลงของเซลล์ชั้น cortex ในรากแบบกัลปังหาของปรังไทยทั้งสองชนิดเหมือนกับรากธรรมชาติ ซึ่ง Esau (1965) ได้สรุปไว้ว่า เนื้อเยื่อเจริญภายในรากที่จะเปลี่ยนแปลงไปเป็น cortex จะมีระนาบการแบ่งเซลล์แบบ periclinal, ในลักษณะ centripetal โดยเซลล์ทางด้านในที่ได้จากการแบ่งแต่ละครั้งจะแบ่งต่อไปแบบ periclinal ส่วนเซลล์ทางด้านนอกจะไม่มี การแบ่งจึงทำให้เซลล์ทางด้านนอกของ cortex เจริญเต็มที่ก่อนเซลล์ทางด้านใน และเซลล์ชั้นในสุดของ cortex จะให้กำเนิด endodermis จากการศึกษาพบว่าลักษณะการเจริญเปลี่ยนแปลงแบบนี้ทำให้ cortex ที่เจริญเต็มที่แล้ว ประกอบด้วยชั้นของเซลล์ประมาณ 7-10 แถว (ภาพที่ 45, 46) ซึ่งเซลล์ส่วนใหญ่จะเป็นพวก parenchyma ส่วน endodermis ที่เจริญเปลี่ยน-

แปลงมาจากเซลล์ชั้นในสุดของ cortex นั้น ปรากฏว่าในรากแบบกัลปังหาของ Cycas rumphii จะเริ่มเห็นชัดเจนในจุดที่ห่างจากปลายรากประมาณ 590 ไมครอน และในรากแบบกัลปังหาของ Cycas siamensis จะเริ่มเห็นชัดเจนในจุดที่ห่างจากปลายรากประมาณ 340 ไมครอน โดยสังเกตจาก casparian strips ที่เกิดขึ้นบริเวณผนังด้านรัศมีของเซลล์ในชั้น endodermis ซึ่งเป็นเซลล์เพียงแถวเดียวและจะปรากฏเป็นวงรอบ pericycle (ภาพที่ 50, 53, 55) ตลอดความยาวของรากยกเว้นบริเวณเนื้อเยื่อเจริญปลายรากเท่านั้น

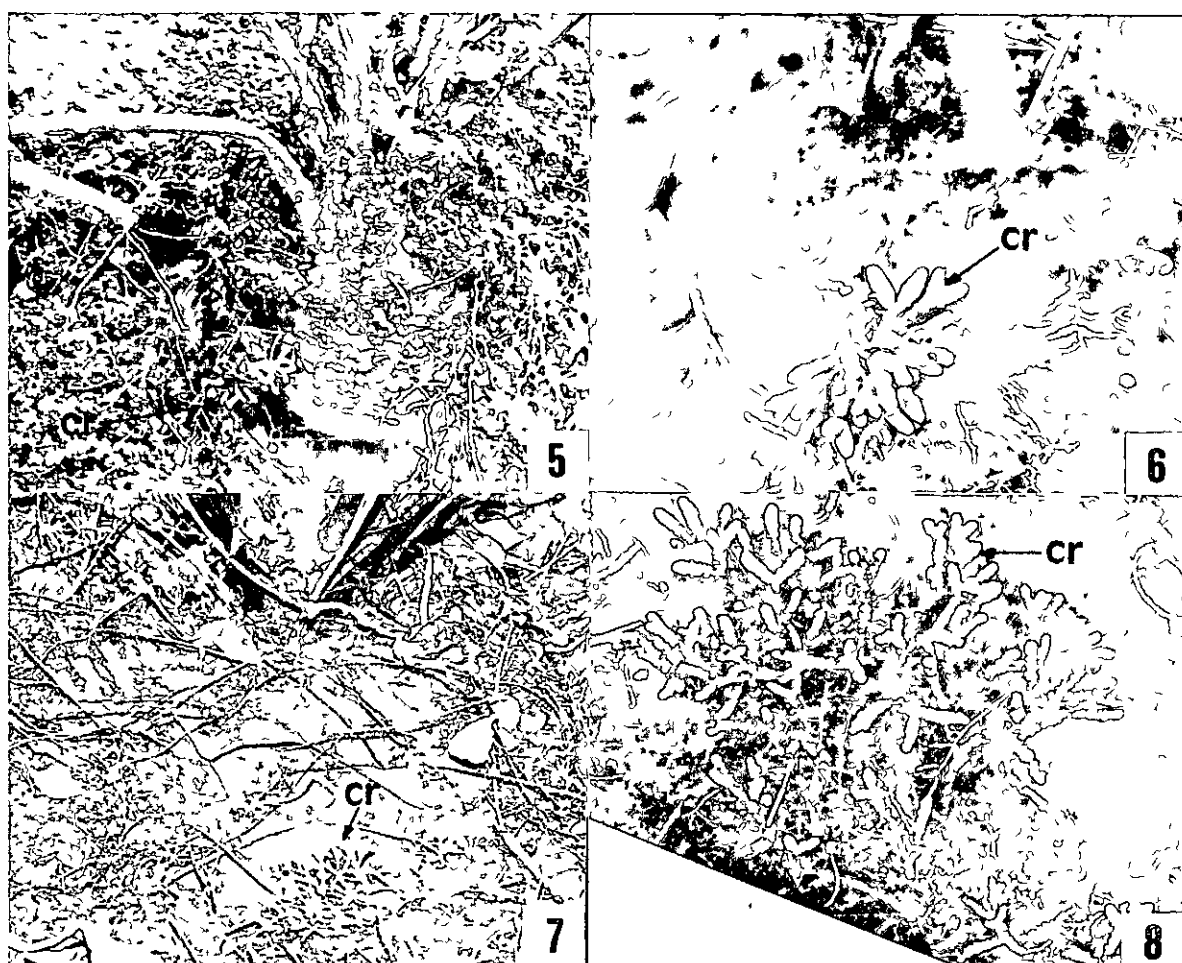
การศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเปลี่ยนแปลงของ procambium ในรากแบบกัลปังหาของปรงไทยทั้งสองชนิด ปรากฏว่า pericycle เป็นกลุ่มเซลล์ชั้นนอกสุดของเนื้อเยื่อที่เปลี่ยนแปลงมาจาก procambium ซึ่งกลุ่มเซลล์ในชั้นนี้ประกอบด้วยเซลล์ประมาณ 2-3 แถวล้อมรอบกลุ่มของเนื้อเยื่อลำเลียงเอาไว้ (ภาพที่ 53, 55) สำหรับการเจริญเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อลำเลียงในรากแบบกัลปังหาของปรงไทยนั้น ปรากฏว่า protoxylem เซลล์แรกในรากแบบกัลปังหาของ Cycas rumphii จะเกิดขึ้นที่จุดห่างจากปลายรากประมาณ 400 ไมครอน (ภาพที่ 49) ส่วน protoxylem เซลล์แรกในรากแบบกัลปังหาของ Cycas siamensis จะเกิดขึ้นที่จุดห่างจากปลายรากประมาณ 340 ไมครอน พัฒนาการของ primary xylem ในรากแบบกัลปังหาของปรงไทยทั้งสองชนิดเป็นแบบ exarch (ภาพที่ 55) แต่บางระยะก็พบ mesarch xylem เกิดขึ้นเหมือนกัน (ภาพที่ 50) protoxylem poles ในรากแบบกัลปังหาของ Cycas rumphii เป็นแบบ triarch, tetrarch หรือ pentarch (ภาพที่ 50, 51, 52) แต่ในรากแบบกัลปังหาของ Cycas siamensis เป็นแบบ triarch หรือ tetrarch (ภาพที่ 53, 54) Tracheary thickening ในรากแบบกัลปังหาของปรงไทยทั้งสองชนิดเป็นแบบ helical (ภาพที่ 56) แต่บางระยะก็พบ reticulate thickening เกิดขึ้นเหมือนกัน (ภาพที่ 50)

บริเวณที่จะเปลี่ยนแปลงไปเป็น phloem ในรากแบบกัลปังหาของ
ปรังไทยทั้งสองชนิดนั้น ปรากฏว่าจะมี secretory cells เกิดขึ้นก่อน
(ภาพที่ 49, 52) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Milin-
dasuta (1974) การเจริญเปลี่ยนแปลงของ phloem ในระยะแรก ๆ จะ
เห็นไม่ชัดเจน เพราะลักษณะของ phloem elements คล้ายกับเซลล์พวก
parenchyma มาก แต่ในระยะต่อมาผนังของ phloem จะหนาขึ้นและเมื่อ
เจริญเต็มที่แล้วจะปรากฏเป็นกลุ่มของเซลล์เรียงเป็นแถวประมาณ 2-3 แถว
อยู่ระหว่าง xylem poles (ภาพที่ 53, 55)



ภาพที่ 1 - 2 Cycas siamensis ในธรรมชาติที่ตำบลสะแกราช
อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา

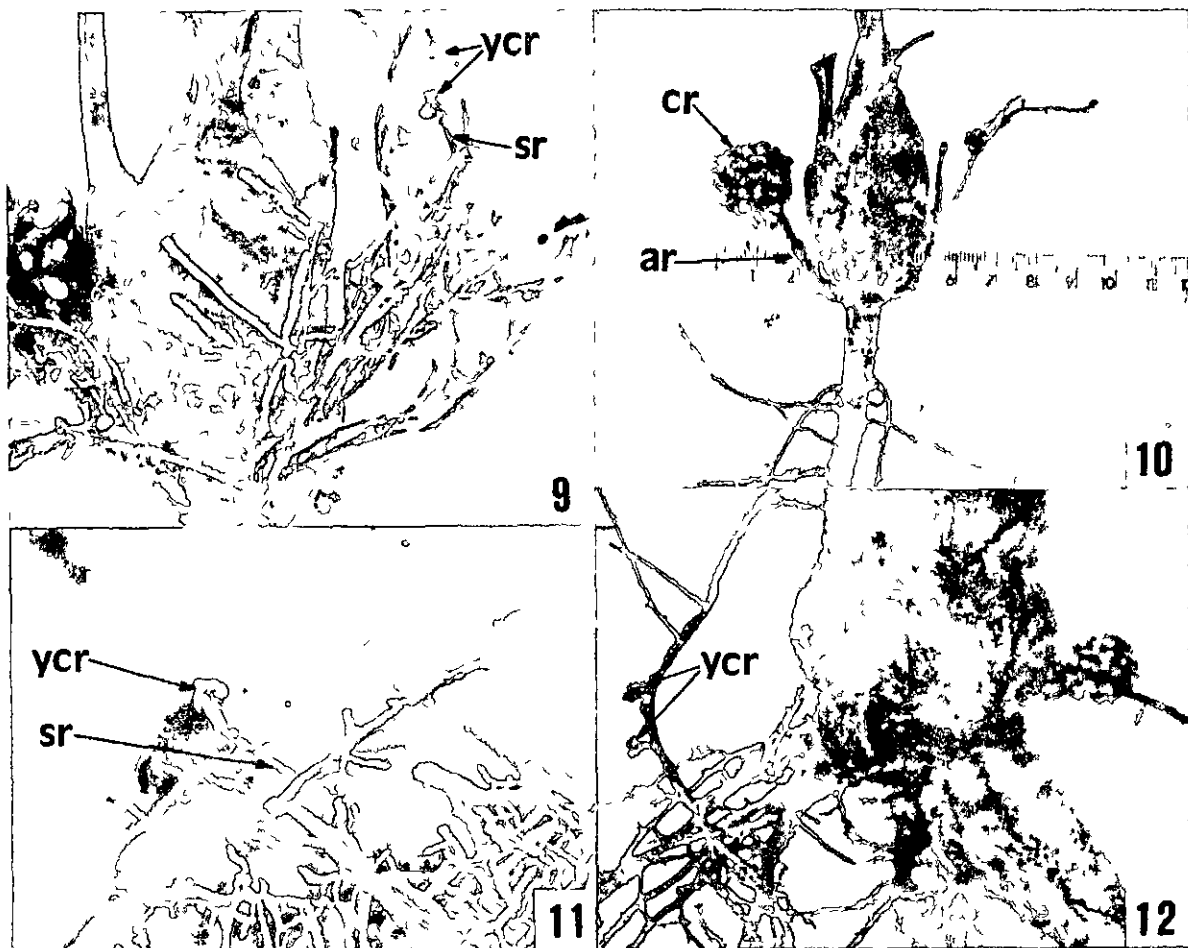
ภาพที่ 3 - 4 Cycas rumphii ในธรรมชาติที่ตำบลเชิงทะเล
อำเภอดงหลวง จังหวัดภูเก็ต



ภาพที่ 5 - 6 รากแบบกัลปังหาของ Cycas siamensis
ที่ปรากฏในธรรมชาติ

ภาพที่ 7 - 8 รากแบบกัลปังหาของ Cycas rumphii
ที่ปรากฏในธรรมชาติ

คำอธิบายภาพ cr, รากแบบกัลปังหา



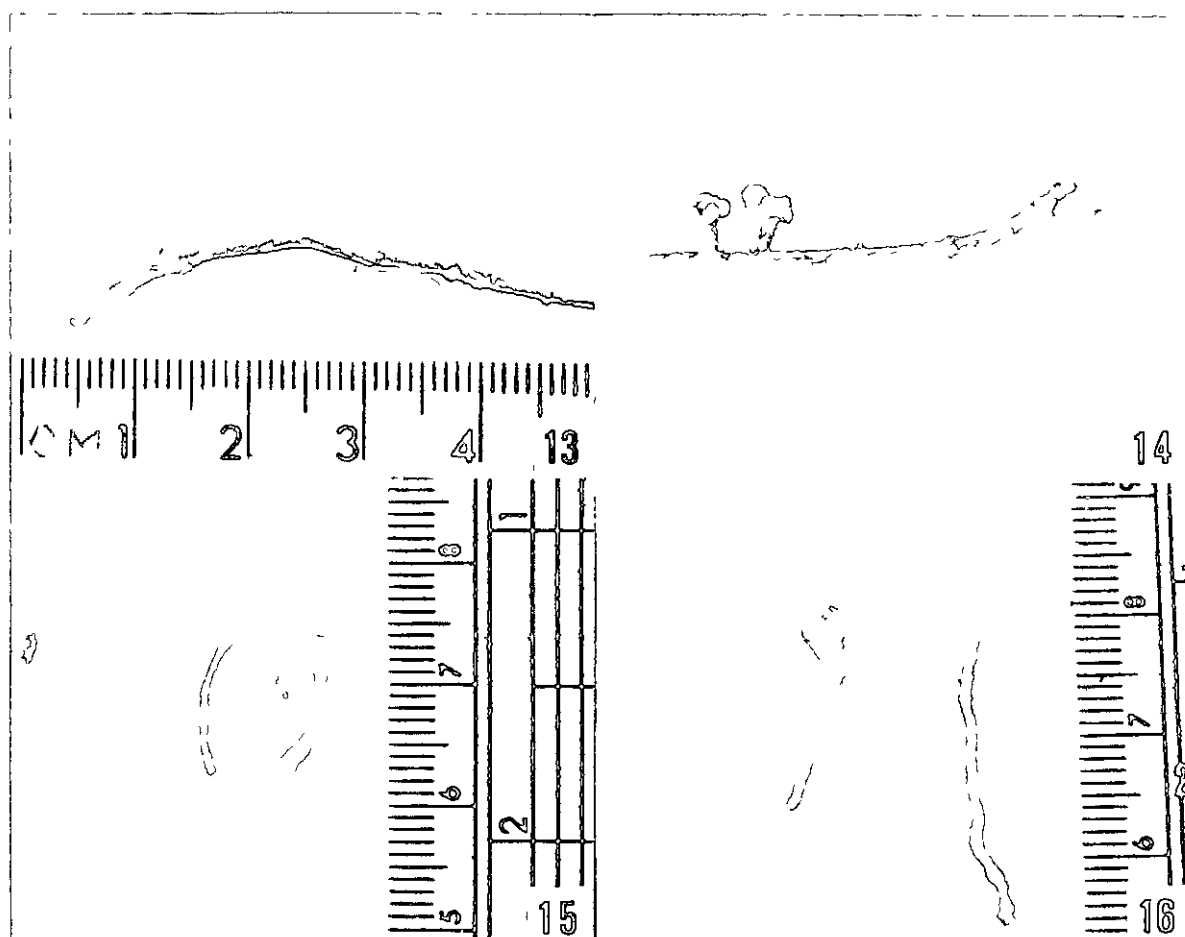
ภาพที่ 9 รากแบบกัลปังหาที่กำลังเจริญออกมาจากด้านข้างรากแขนง
ของ Cycas rumphii

ภาพที่ 10 รากแบบกัลปังหาที่เจริญออกมาจากปลายรากพิเศษของ
Cycas rumphii

ภาพที่ 11 รากแบบกัลปังหาที่กำลังเจริญออกมาจากปลายรากแขนง
ของ Cycas siamensis

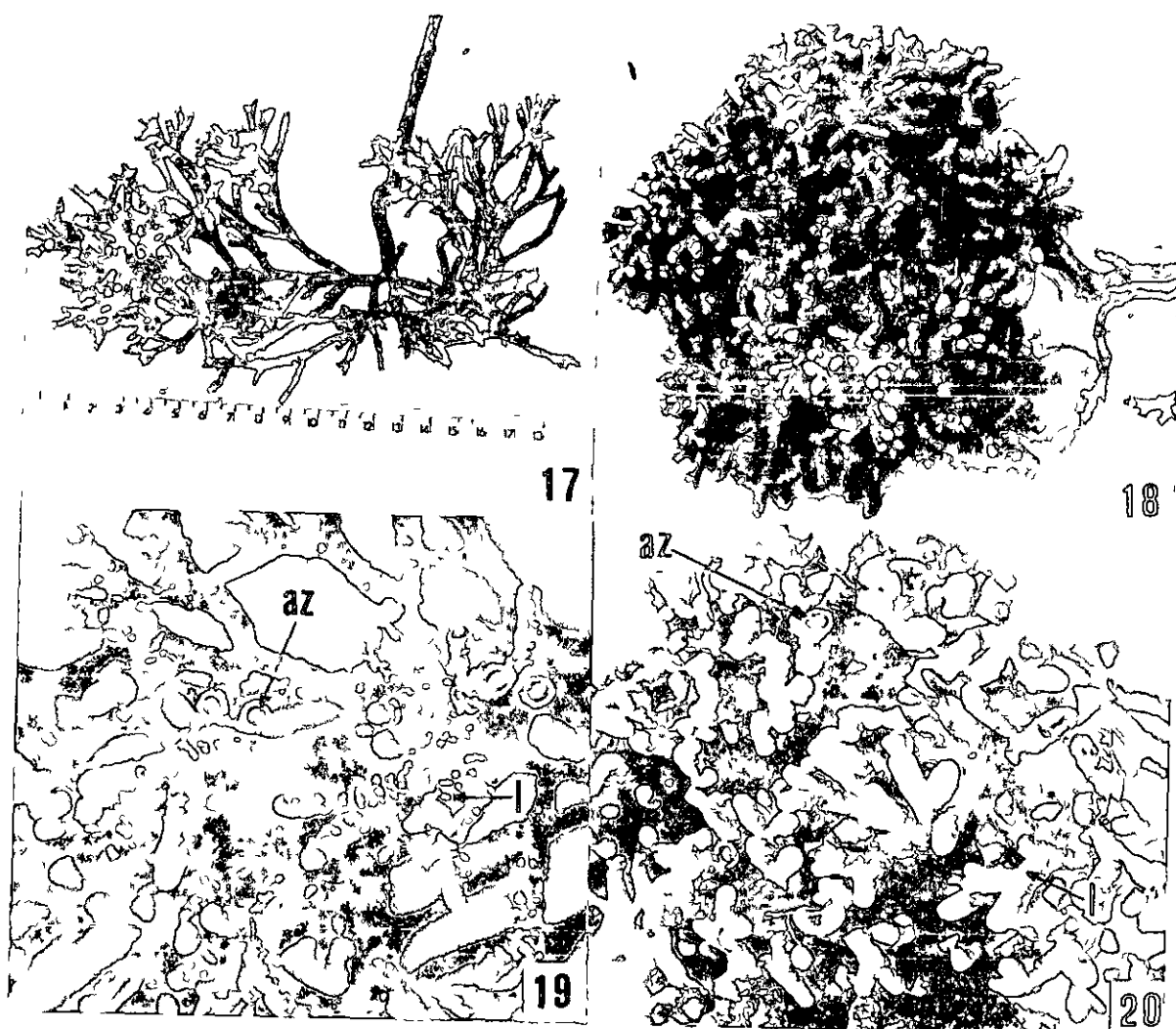
ภาพที่ 12 รากแบบกัลปังหาที่กำลังเจริญออกมาจากด้านข้างรากแขนง
ของ Cycas siamensis

คำอธิบายภาพ ar, รากพิเศษ, cr, รากแบบกัลปังหา, sr, รากแขนง
ycr, รากแบบกัลปังหาที่ยังอ่อนอยู่

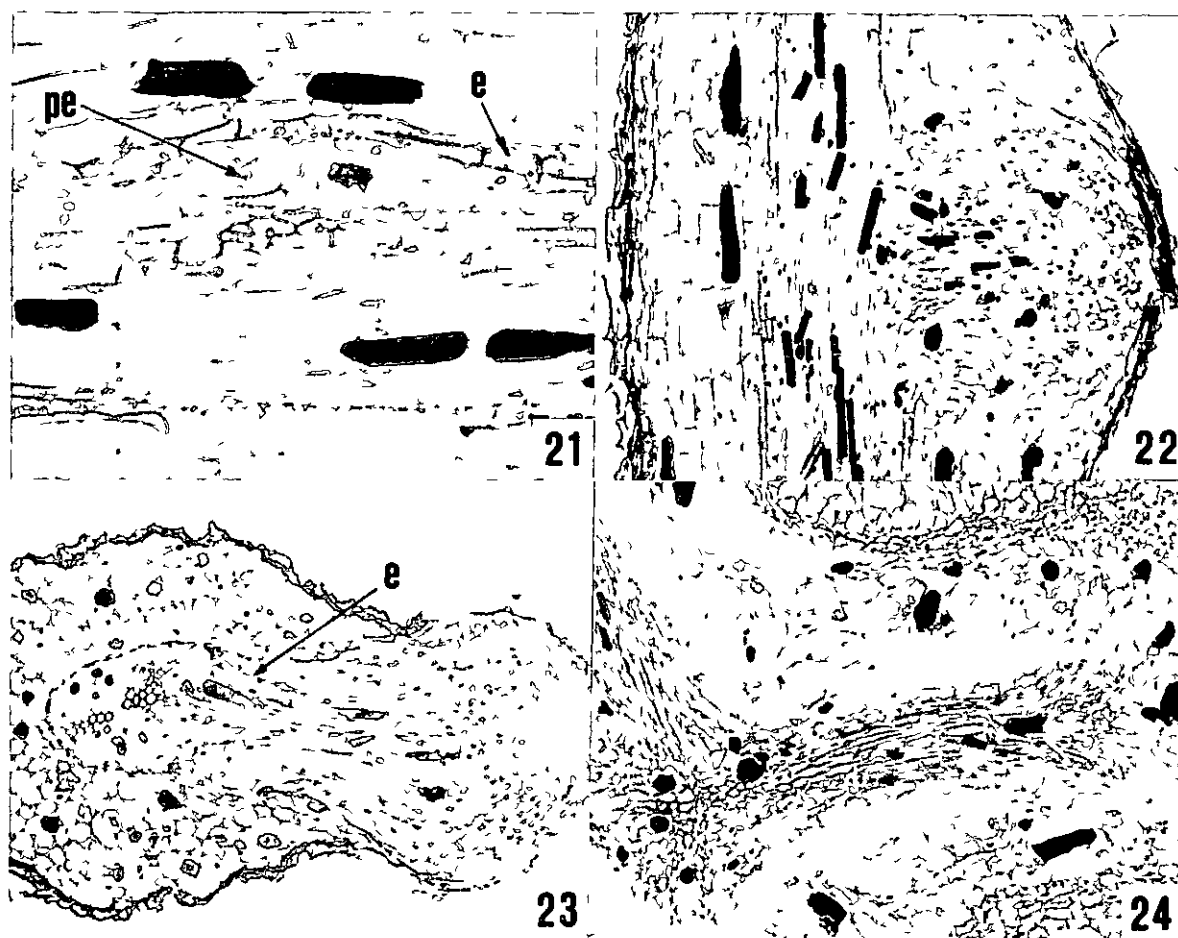


ภาพที่ 13 - 14 รากแขนงของ Cycas rumphii แสดงรากแบบกัลปังหา
ที่กำลังเจริญออกมาจากด้านข้างเป็นปุ่มเล็ก ๆ และเริ่ม
แตกแขนงแบบคู่

ภาพที่ 15 - 16 รากแขนงของ Cycas siamensis แสดงรากแบบ
กัลปังหาที่กำลังเจริญออกมาจากปลายรากและเริ่มแตก
แขนงแบบคู่



- ภาพที่ 17 กลุ่มรากแบบกัลปังหาของ Cycas rumphii
- ภาพที่ 18 กลุ่มรากแบบกัลปังหาของ Cycas siamensis
- ภาพที่ 19 รากแบบกัลปังหาของ Cycas rumphii แสดง lenticels
และตัดตามขวางแสดงบริเวณสำหรับ
- ภาพที่ 20 รากแบบกัลปังหาของ Cycas siamensis แสดง
lenticels และตัดตามขวางแสดงบริเวณสำหรับ
- คำอธิบายภาพ az, บริเวณสำหรับ, 1, lenticels

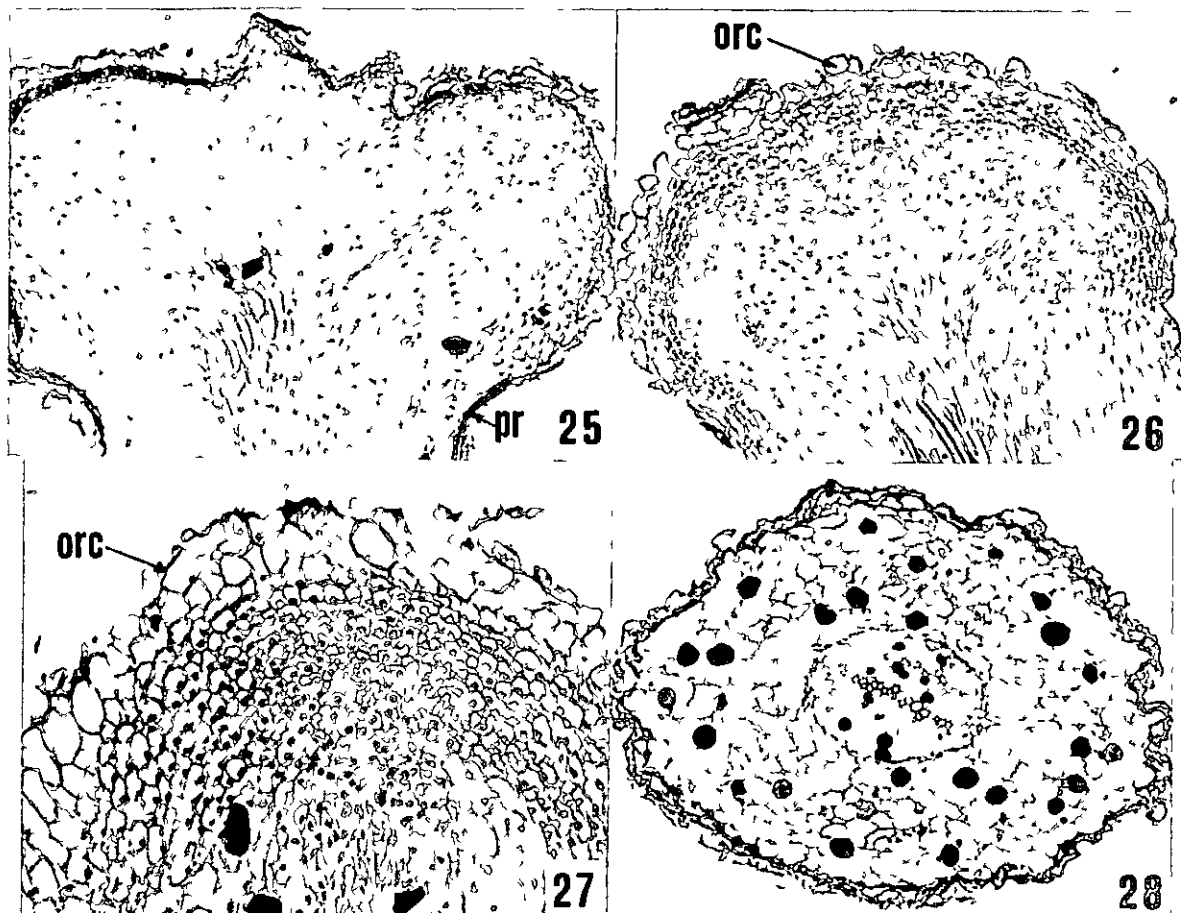


ภาพที่ 21 - 22 รากแขนงของ Cycas rumphii คัดตามขวางแสดง
จุดกำเนิดของรากแบบกัลปังหา (170X) และ (123X)

ภาพที่ 23 รากแขนงของ Cycas rumphii ตัดตามขวางแสดง
จุดกำเนิดของรากแบบกัลปังหา (94X)

ภาพที่ 24 ปลายรากแขนงของ Cycas siamensis ตัดตาม
ขวางแสดงจุดกำเนิดของรากแบบกัลปังหา (67X)

คำอธิบายภาพ e, endodermis, pe, pericycle



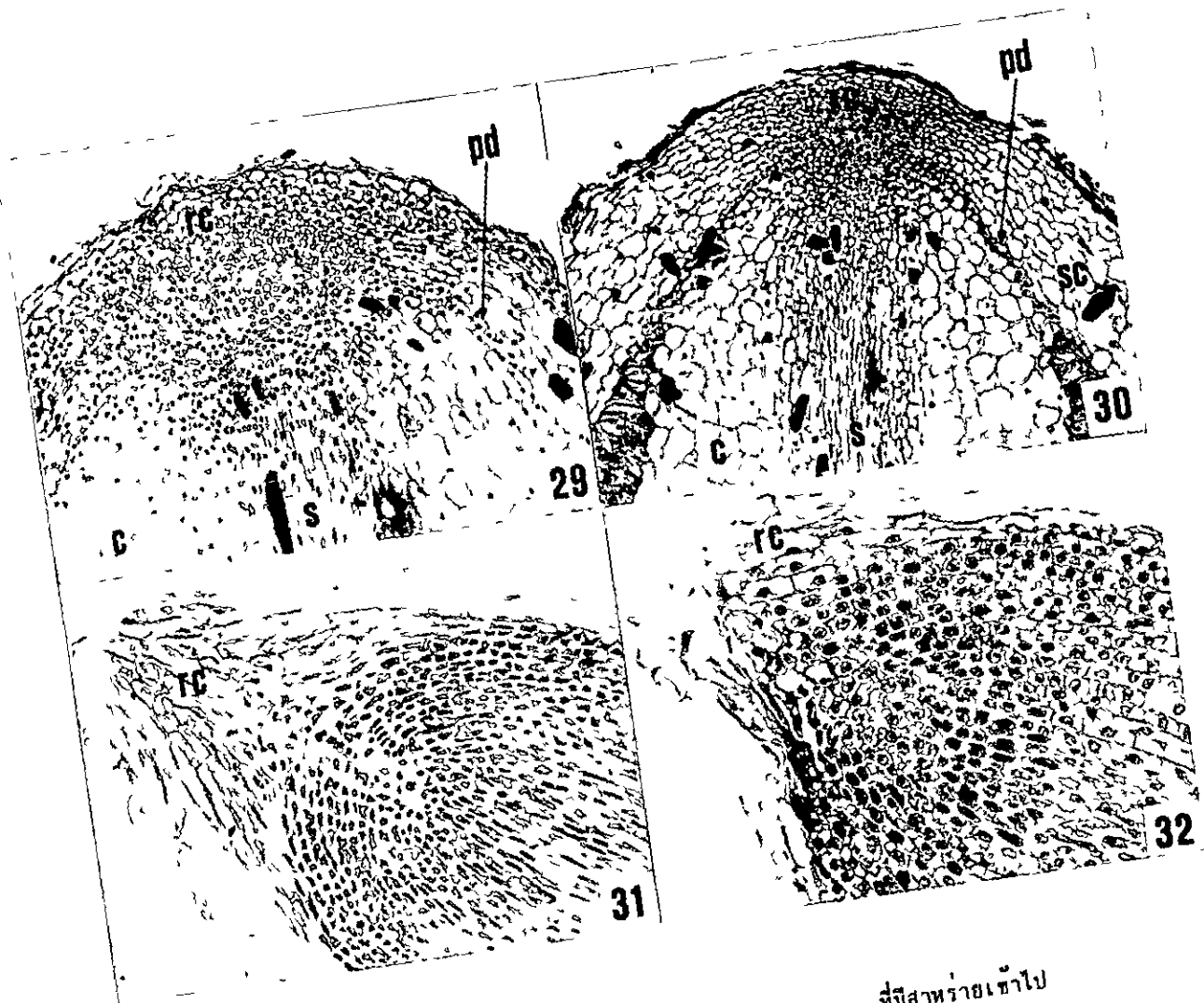
ภาพที่ 25 รากแบบกึ่งปรงของ Cycas rumphii ที่ยังไม่มีสาหร่าย
เข้าไปอาศัย ตัดตามยาวแสดงการแยกชั้นแบบคู่ (70X)

ภาพที่ 26 รากแบบกึ่งปรงของ Cycas rumphii ที่ยังไม่มีสาหร่าย
เข้าไปอาศัย ตัดตามยาวแสดงเซลล์หมวกรากทางด้านนอก
(70X)

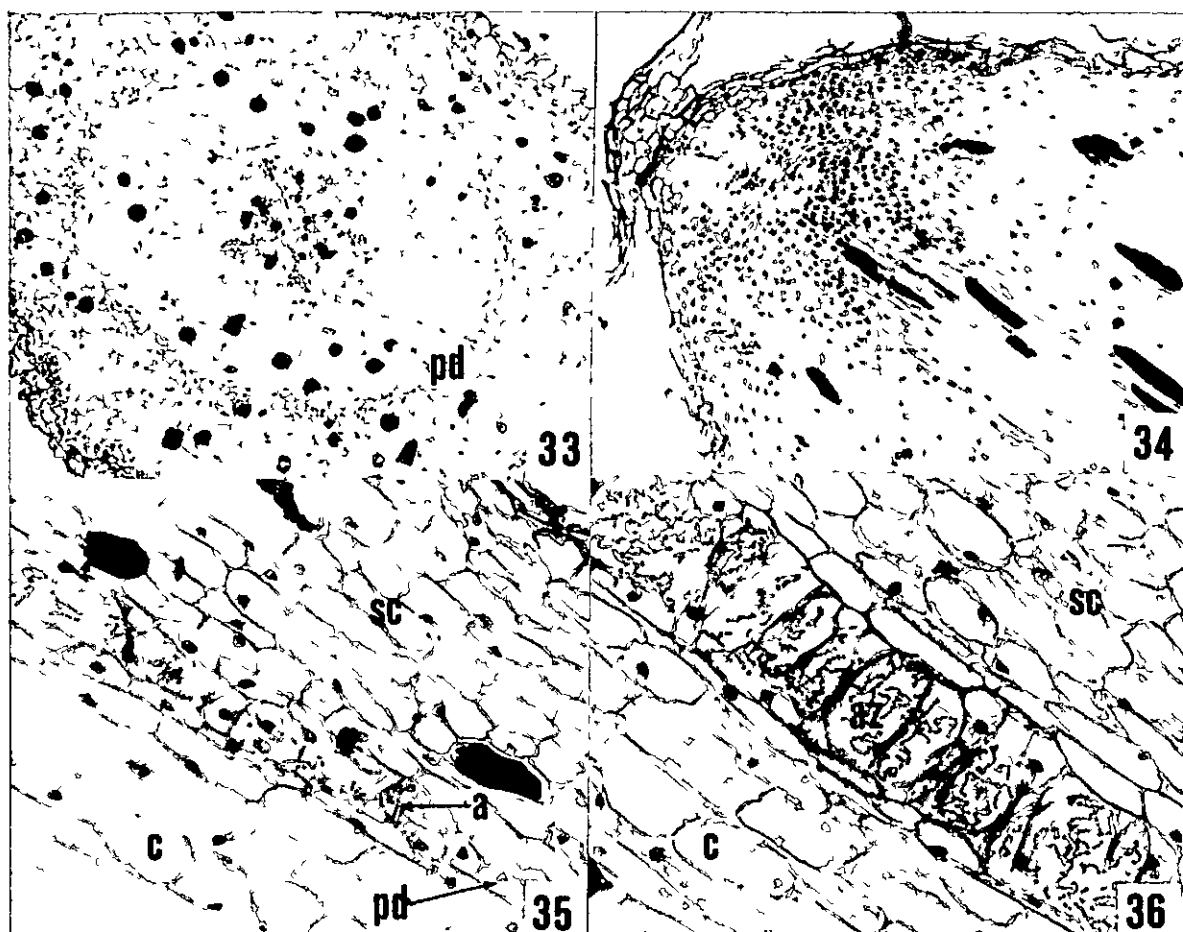
ภาพที่ 27 รากแบบกึ่งปรงของ Cycas siamensis ที่ยังไม่มี
สาหร่ายเข้าไปอาศัย ตัดตามยาวแสดงเซลล์หมวกราก
ทางด้านนอก (140X)

ภาพที่ 28 รากแขนงที่ให้กำเนิดรากแบบกึ่งปรงของ Cycas rumphii
ตัดตามขวางแสดง diarch stele (101X)

คำอธิบายภาพ orc, เซลล์หมวกรากทางด้านนอก, pr, periderm



- ภาพที่ 29 รากแบบกึ่งปรงของ *Cycas rumphii* ที่มีสาหร่ายเข้าไปอาศัย ตัดตามยาวแสดงเนื้อเยื่อบริเวณปลายราก (93X)
- ภาพที่ 30 รากแบบกึ่งปรงของ *Cycas siamensis* ที่มีสาหร่ายเข้าไปอาศัย ตัดตามยาวแสดงเนื้อเยื่อบริเวณปลายราก (91X)
- ภาพที่ 31 รากแขนงของ *Cycas rumphii* ตัดตามยาวแสดงเนื้อเยื่อบริเวณปลายราก (117X)
- ภาพที่ 32 รากแขนงของ *Cycas siamensis* ตัดตามยาวแสดงเนื้อเยื่อบริเวณปลายราก (164X)
- คำอธิบายภาพ az, บริเวณสาหร่าย, c, cortex, pd, protoderm rc, หมวกราก, s, stele; sc, secondary cortex



ภาพที่ 33 รากแบบกัลปังหาของ *Cycas rumphii* ที่มีสาหร่ายเข้าไปอาศัย คัดตามขวางปลายรากแสดงเซลล์ที่จะเปลี่ยนแปลงไปเป็นบริเวณสาหร่าย (70X)

ภาพที่ 34 รากแบบกัลปังหาของ *Cycas rumphii* ที่ยังไม่มีสาหร่ายเข้าไปอาศัย คัดตามยาวแสดงปลายราก (87X)

ภาพที่ 35 รากแบบกัลปังหาของ *Cycas rumphii* คัดตามยาวแสดงสาหร่ายกำลังแทรกเข้าไปในช่องว่างระหว่างเซลล์ในชั้น protoderm (194X)

ภาพที่ 36 รากแบบกัลปังหาของ *Cycas rumphii* คัดตามยาวแสดงบริเวณสาหร่าย (186X)

คำอธิบายภาพ a, สาหร่าย, az, บริเวณสาหร่าย, c, cortex, pd, protoderm, sc, secondary cortex



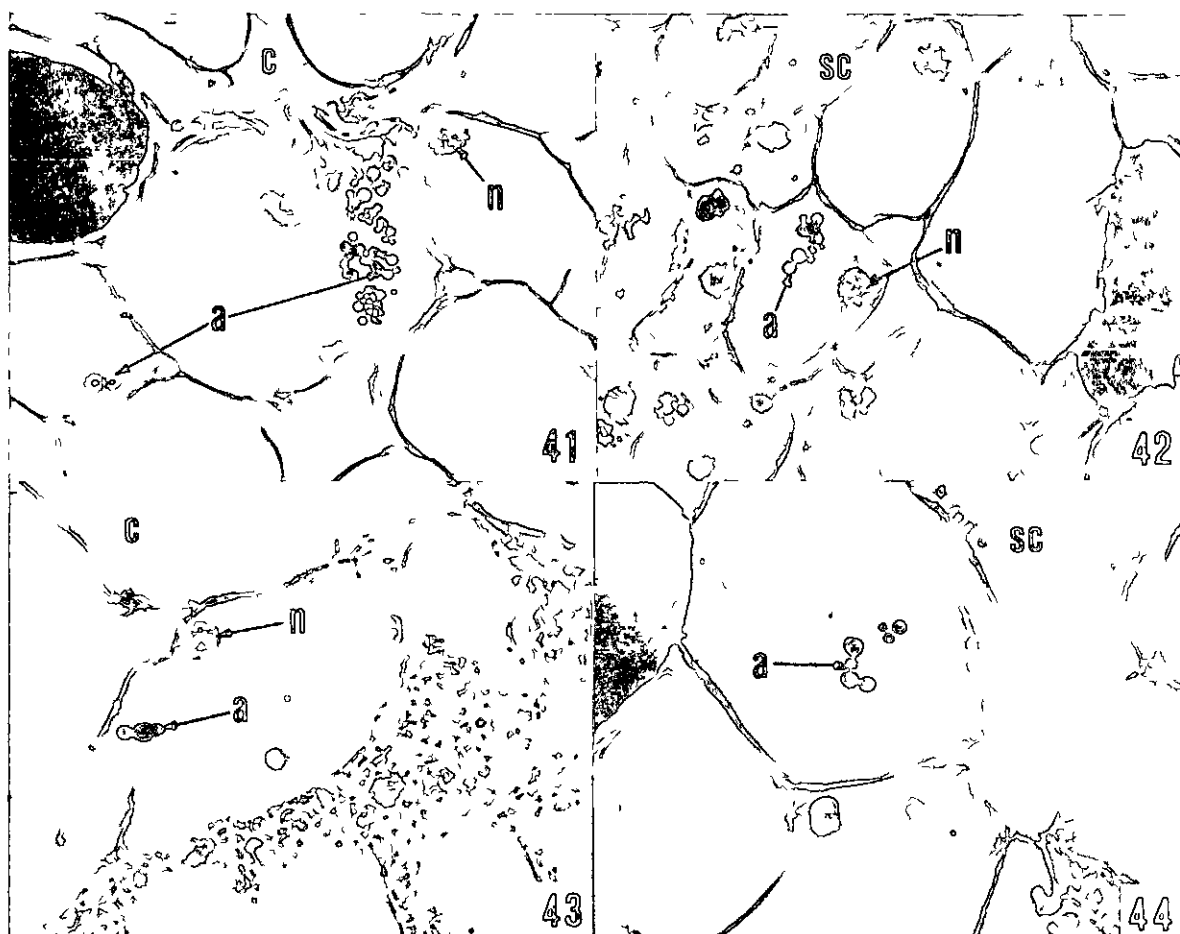
ภาพที่ 37 รากแบบกลีบงาของ Cycas rumphii ตัดตามยาวแสดง
สำหรับท่ออาศัยอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ในบริเวณสำหรับ
(72.7X)

ภาพที่ 38 รากแบบกลีบงาของ Cycas siamensis ตัดตามยาว
แสดงสำหรับท่ออาศัยอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ในบริเวณ
สำหรับ (66.7X)

ภาพที่ 39 รากแบบกลีบงาของ Cycas rumphii ตัดตามขวางแสดง
สำหรับท่ออาศัยอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ในบริเวณสำหรับ
(330X)

ภาพที่ 40 รากแบบกลีบงาของ Cycas rumphii ตัดตามแนวสัมผัส
แสดงสำหรับท่ออาศัยอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ในบริเวณ
สำหรับ (330X)

คำอธิบายภาพ a, สำหรับ , c, cortex, sc, secondary cortex -



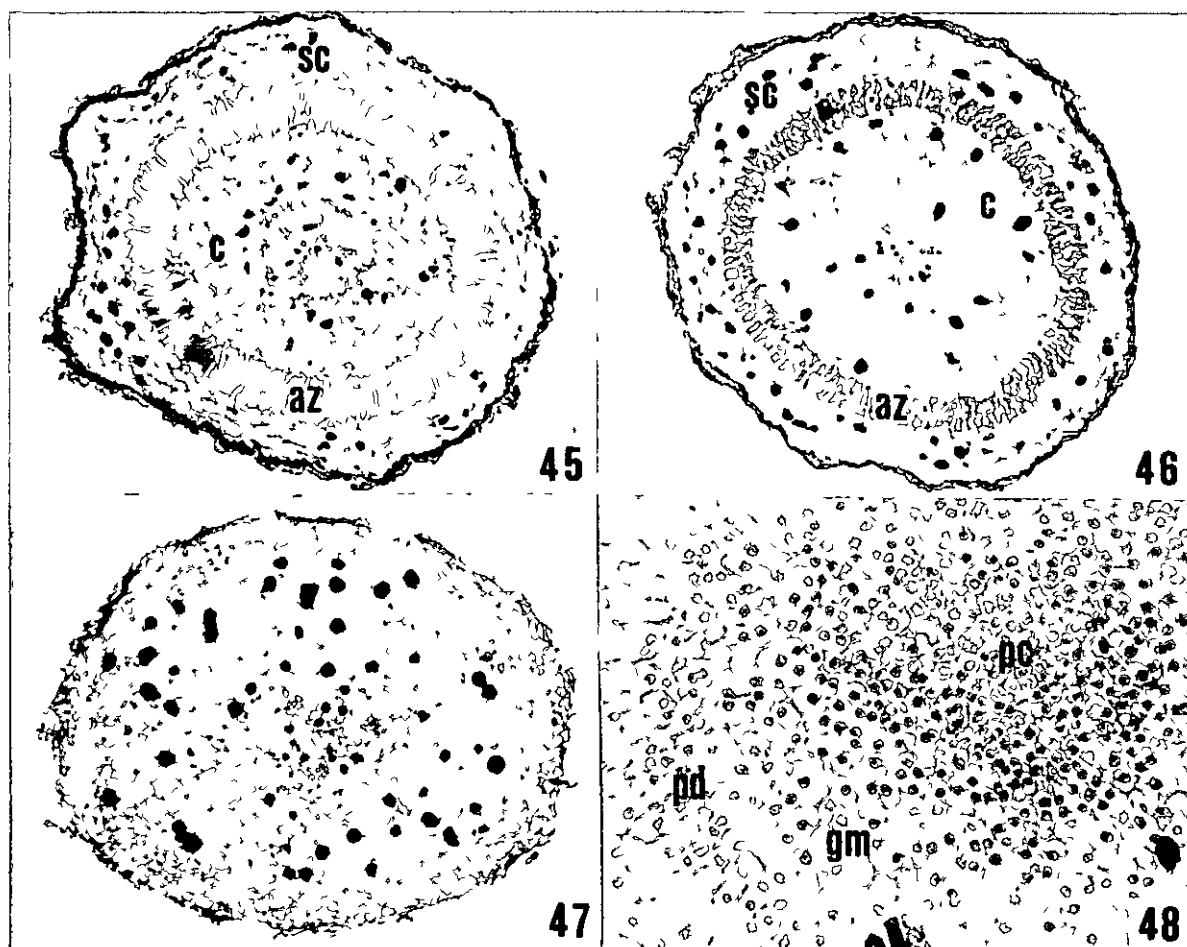
ภาพที่ 41 รากแบบกัลปังหาของ Cycas rumphii ตัดตามขวางแสดง
สาหร่ายที่อาศัยอยู่ในชั้น cortex (560X)

ภาพที่ 42 รากแบบกัลปังหาของ Cycas rumphii ตัดตามขวางแสดง
สาหร่ายที่อาศัยอยู่ในชั้น secondary cortex (727X)

ภาพที่ 43 รากแบบกัลปังหาของ Cycas siamensis ตัดตามขวาง
แสดงสาหร่ายที่อาศัยอยู่ในชั้น cortex (697X)

ภาพที่ 44 รากแบบกัลปังหาของ Cycas siamensis ตัดตามขวาง
แสดงสาหร่ายที่อาศัยอยู่ในชั้น secondary cortex (750X)

คำอธิบายภาพ a, สาหร่าย , c, cortex, n, nucleus, sc,
secondary cortex



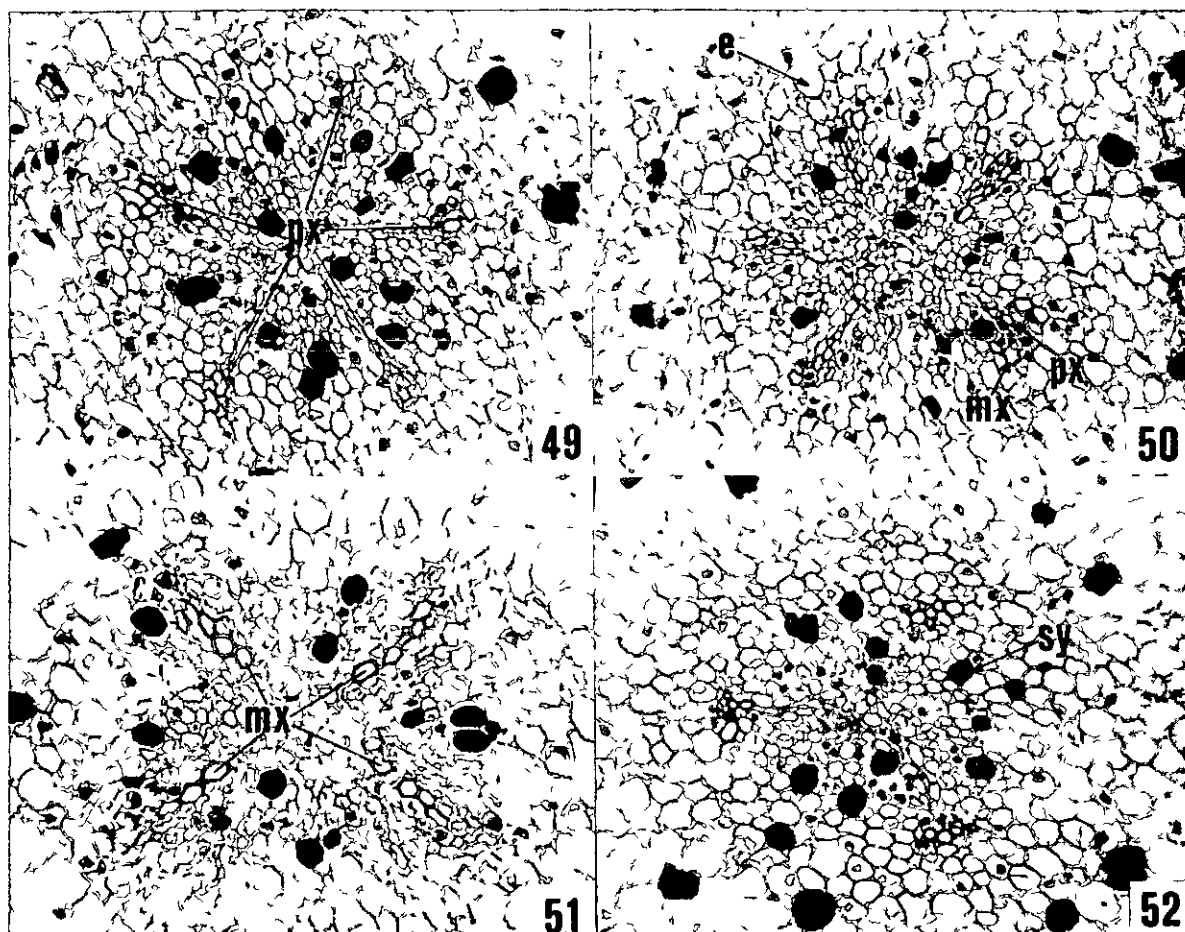
ภาพที่ 45 รากแบบกัลปังหาของ Cycas rumphii ตัดตามขวางแสดงบริเวณสาหร่าย (35X)

ภาพที่ 46 รากแบบกัลปังหาของ Cycas siamensis ตัดตามขวางแสดงบริเวณสาหร่าย (34X)

ภาพที่ 47 รากแบบกัลปังหาของ Cycas rumphii ที่ยังไม่มีสาหร่ายเข้าไปอาศัย ตัดตามขวาง (60X)

ภาพที่ 48 รากแบบกัลปังหาของ Cycas rumphii ตัดตามขวางแสดงเนื้อเยื่อเจริญบริเวณปลายราก (181X)

คำอธิบายภาพ az, บริเวณสาหร่าย , c, cortex, gm, ground meristem, pc, procambium, pd, protoderm, sc, secondary cortex



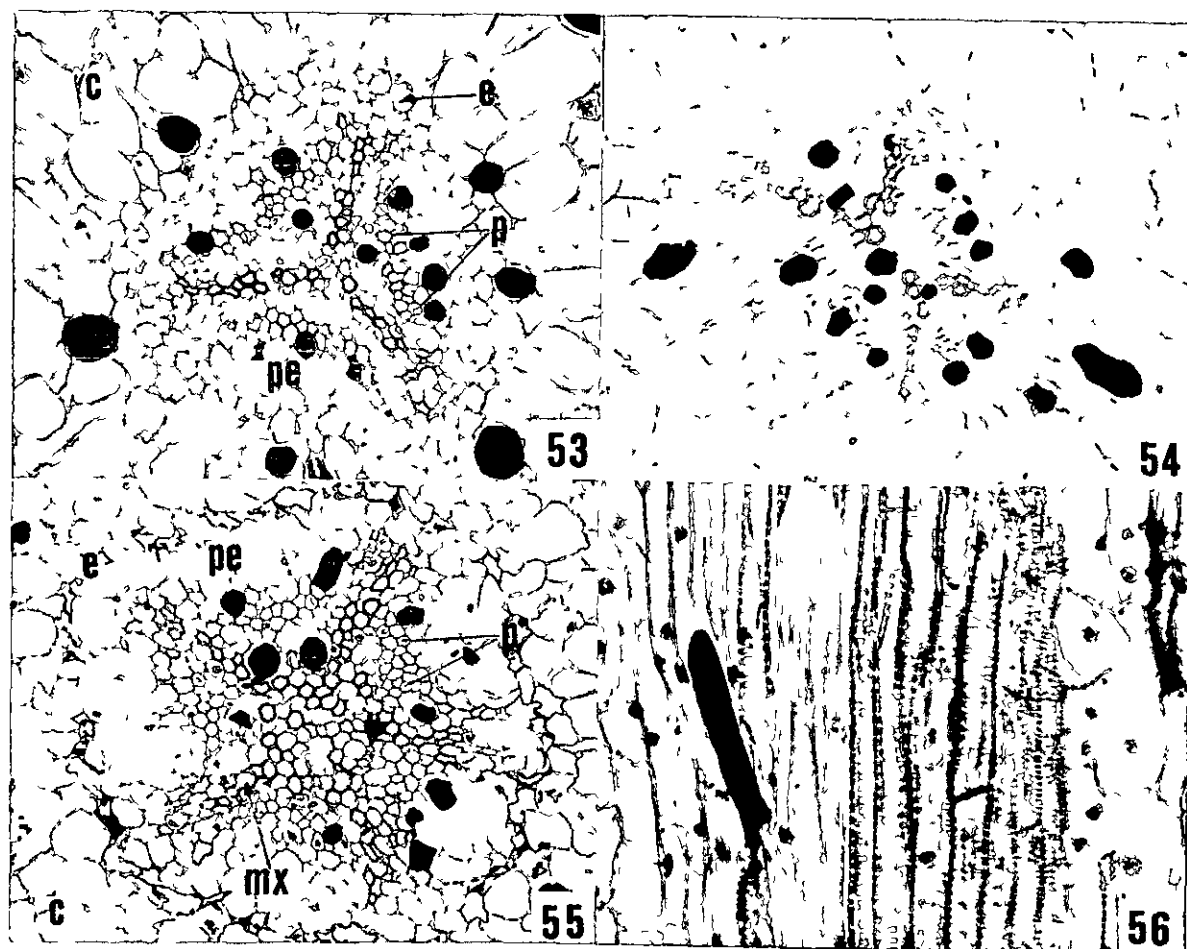
ภาพที่ 49 รากแบบกัลปังหาของ Cycas rumphii ตัดตามขวาง
แสดง protoxylem (180X)

ภาพที่ 50 รากแบบกัลปังหาของ Cycas rumphii ตัดตามขวาง
แสดง pentarch และ mesarch xylem (143X)

ภาพที่ 51 รากแบบกัลปังหาของ Cycas rumphii ตัดตามขวาง
แสดง tetrarch (188X)

ภาพที่ 52 รากแบบกัลปังหาของ Cycas rumphii ตัดตามขวาง
แสดง triarch และ secretory cells (175X)

คำอธิบายภาพ e, endodermis, mx, metaxylem, px, protoxylem,
sy, secretory cells



ภาพที่ 53 รากแบบกัลปังหาของ Cycas siamensis ตัดตามขวาง
แสดง triarch (135X)

ภาพที่ 54 รากแบบกัลปังหาของ Cycas siamensis ตัดตามขวาง
แสดง tetrarch (131X)

ภาพที่ 55 รากแบบกัลปังหาของ Cycas rumphii ตัดตามขวาง
แสดง exarch xylem (120X)

ภาพที่ 56 รากแบบกัลปังหาของ Cycas rumphii ตัดตามยาว
แสดง tracheary thickening แบบ helical (163X)

คำอธิบายภาพ c, cortex, e, endodermis, mx, metaxylem,
p, phloem, pe, pericycle

บทที่ 5

สรุปผล

ปรังไทยทั้งสองชนิดคือ Cycas rumphii และ Cycas siamensis ที่ขึ้นในธรรมชาติมีรากแบบกัลปังหาเจริญออกมาจากด้านข้างหรือส่วนปลายของรากแขนง และใน Cycas rumphii อาจจะมีรากแบบกัลปังหาบางส่วนเจริญออกมาจากปลายรากพิเศษอีกด้วย รากแบบกัลปังหาจะเจริญเป็นกระจุกลายกัลปังหาอยู่บริเวณผิวดินหรือใต้ผิวดินใกล้ ๆ กับลำต้น รากแบบกัลปังหาที่เกิดขึ้นใหม่ ๆ ปลายรากจะกลมมนและมีสีน้ำตาลอ่อน บางรากเริ่มแยกแขนงแบบคู่ ภายในรากแบบกัลปังหาที่เกิดขึ้นใหม่ ๆ จะไม่พบสากห่วยเข้าไปอาศัยอยู่เลย ส่วนรากแบบกัลปังหาที่เจริญเต็มที่แล้วจะมีสีน้ำตาลเข้มปลายรากกลมมน และบนรากจะมี lenticels เป็นจำนวนมาก ภายในรากแบบกัลปังหาจะมีสากห่วยสีน้ำตาลเงินแกมเขียวเข้าไปอาศัยอยู่ด้วย สากห่วยเหล่านี้ส่วนใหญ่จะอาศัยอยู่ในบริเวณสากห่วย แต่มีสากห่วยบางส่วนอาศัยอยู่ภายในเซลล์และระหว่างเซลล์ในชั้น cortex และ secondary cortex

secondary cortex เป็นเนื้อเยื่อที่เจริญเปลี่ยนแปลงมาจากหมวกรากที่ปกคลุมผิวรากแบบกัลปังหาอย่างถาวร เนื้อเยื่อชนิดนี้จะไม่ปรากฏในรากธรรมชาติทั่ว ๆ ไป ใต้ secondary cortex จะเป็นบริเวณสากห่วยซึ่งเจริญเปลี่ยนแปลงมาจากเซลล์ในชั้น protoderm ใต้บริเวณสากห่วยจะเป็น cortex และ stele ซึ่งมีการเจริญเปลี่ยนแปลงเหมือนกับรากธรรมชาติอื่น ๆ โดยทั่วไป ผลการศึกษาพัฒนาการและโครงสร้างภายในรากแบบกัลปังหาของปรังไทยทั้งสองชนิดสนับสนุนผลการศึกษาของ Milindasuta (1974) ทุกประการ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

เต็ม สมิตินันท์ "พันธุ์ไม้จำพวกปรง (Cycas) ของไทย" รายงานการประชุมทางวิชาการเกษตรและชีววิทยาครั้งที่ 9 มหาวิทยาลัยเกษตร-ศาสตร์ 2513, หน้า 241-251.

Bowyer, J.W., and V.B.D. Skerman, "Production of axenic cultures of soil-borne and endophytic blue-green algae," J. Gen. Microbiol., 54 299-306, 1968.

Chamberlain, C.J., Gymnosperms, The University of Chicago Press, Chicago, 1935, pp. 98-99.

Chaudhuri, H., and A.R. Akhtar, "The coral-like roots of Cycas revoluta, Cycas circinalis and Zamia floridana and the alga inhabiting them," J. Ind. Bot. Soc., 10 · 43-59, 1931.

Esau, Katherine, Plant anatomy, John Wiley and Sons Inc., New York, 1965, 767 pp.

Hoare, D S , et al., "Dark-heterotrophic growth of an endophytic blue-green alga," Arch Microbiol., 78 . 310-321, 1971.

Johansen, D A., Plant microtechnique, McGraw-Hill, New York, 1940, 523 pp.

- Lawrence, George H.M., Taxonomy of vascular plants, The Macmillan Company, New York, 1964, 823 pp.
- Life, A.C., "The tuber-like rootlets of Cycas revoluta," Bot. Gaz., 31 : 265-271, 1901.
- McLuckie, J., "Studies in symbiosis II. The apogeotropic roots of Macrozamia spiralis and their physiological significance," Proc. Linn. Soc. N.S.W., 47 : 319-328, 1922
- Milindasuta, Boon-earn, "Developmental anatomy of coralloid roots in cycads," Amer. J. Bot., 62 (5) : 468-472, 1975.
- Nathanielsz, Charmian P., and Ian. A. Staff, "A mode of entry of blue-green algae into the apogeotropic roots of Macrozamia communis," Amer. J. Bot., 62 (3) : 232-235, 1975.
- Sass, J.E., Botanical microtechnique, 3rd ed. Iowa State College Press, Ames, 1958.
- Schneider, A., "Mutualistic symbiosis of algae and bacteria with Cycas revoluta," Bot. Gaz , 19 : 25-32, 1894.
- Smitinand, Tem, "The Genus Cycas Linn. (Cycadaceae) in Thailand," The Natural History Bulletin of the Siam Society, 24 : 163-175, 1971.

Spratt, E.R., "The root-nodules of the Cycadaceae," Ann. Bot., 29 : 619-626, 1915.

Staff, Ian. A., and Charmian P. Nathanielsz, "On the occurrence of intracellular blue-green algae in cortical cells of the apogeotropic roots of Macrozamia communis L. Johnson," Ann. Bot., 39 : 363-368, 1975.

Storey, William B., "Somatic reduction in cycads," Science, 159 : 648-650, 1967.

Wittmann, W., F.J. Bergersen, and G.S. Kennedy, "The coral-
loid roots of Macrozamia communis L. Johnson," Aust. J. Biol. Sci., 18 : 1129-1134, 1965.