ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พฤกษศาสตร์)

ปริญญา

พฤกษศาสตร์	พฤกษศาสตร์
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง สัณฐานวิทยา นิเวศวิทยา และกายวิภาคของดอกดิน (Orobanchaceae) ในประเทศไทย

Morphology, Ecology and Anatomy of Dok Din (Orobanchaceae) in Thailand

นามผู้วิจัย นายศิวเชษฐ ชัยโรจน์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์ประศาสตร์ เกื้อมณี, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์สรัญญา วัชโรทัย, Dr.rer.nat.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์สมคิด สิริพัฒนดิลก, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์สรัญญา วัชโรทัย, Dr.rer.nat.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

สัณฐานวิทยา นิเวศวิทยา และกายวิภาคของดอกดิน (Orobanchaceae) ในประเทศไทย

Morphology, Ecology and Anatomy of Dok Din (Orobanchaceae) in Thailand

โดย

นายศิวเชษฐ ชัยโรจน์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พฤกษศาสตร์)

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิวเชษฐ ชัยโรจน์ 2555: สัณฐานวิทยา นิเวศวิทยา และกายวิภาคของดอกดิน (Orobanchaceae) ในประเทศไทย ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พฤกษศาสตร์) สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ประศาสตร์ เกื้อมณี, Ph.D. 102 หน้า

การศึกษาสัณฐานวิทยา นิเวศวิทยา และกายวิภาคของพืชวงศ์ดอกดินในประเทศไทยเพื่อทราบความหลากหลาย การกระจายพันธุ์ ถิ่นที่อยู่ และวัฏจักรชีวิตของดอกดิน ทำการศึกษาโดยการสำรวจและเก็บตัวอย่างทุกระยะการเจริญเติบโตจากแหล่งที่มีรายงานพบในประเทศไทย รวมถึงพืชที่ให้อาศัย พบพืชในวงศ์ดอกดิน 3 ชนิด คือ ดอกดินแดง (*Aeginetia indica* L.) พบได้ทุกภาคของประเทศในป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง และอาจพบได้บริเวณเขาหินปูน ที่ความสูง 0 – 1,800 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล เอื้องดิน (*A. pedunculata* Wall.) พบเฉพาะภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันตก และฝั่งตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือบริเวณทุ่งหญ้าที่ระดับความสูง 50 – 1,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล และว่านดอกสามสี (*Christisonia siamensis* Craib) พบในป่าไผ่ของภาคเหนือ และภาคตะวันตก ในส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบเฉพาะที่จังหวัดเลย ในขณะที่ภาคใต้พบเฉพาะที่จังหวัดชุมพรเท่านั้น ที่ความสูง 300 – 800 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล พืชทั้ง 3 ชนิด ออกดอกในฤดูฝนระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม วัฏจักรชีวิตของพืชทั้ง 3 ชนิดคล้ายกัน โดยเริ่มจากเมล็ดงอกและแทงรากเบียนเข้าไปในท่อลำเลียงของรากพืชที่เป็นผู้ให้อาศัยและพัฒนาเป็นปุ่ม tubercle จากนั้นจึงเจริญเป็นดอกชูขึ้นเหนือดิน เมื่อผลแก่จะแตกออกปล่อยเมล็ดจำนวนมากลงสู่ดิน เมล็ดจะพักตัวอยู่ข้ามปี ลักษณะทางกายวิภาคของพืชทั้ง 3 ชนิด พบว่าโครงสร้างเกือบทั้งหมดประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาเป็นส่วนใหญ่ พบเซลล์พาเรงคิมาที่มีลักษณะเฉพาะอยู่ภายใน tubercle ของดอกดินแดงและเอื้องดิน ในขณะที่ว่านดอกสามสีนั้นไม่พบ ส่วนของรากเบียนของดอกดินแดงพบการเจริญของรากพิเศษที่เกิดจากการแบ่งเซลล์ของเนื้อเยื่อชั้นผิวของรากเบียนดอกดินแดง ลำต้นและก้านดอกของดอกดินทั้ง 3 ชนิดมีลักษณะทางกายวิภาคที่คล้ายกัน พบต่อมที่ทำหน้าที่ในการผลิตสารเมือก (capitate gland) ที่กลีบดอก ออวุลภายในรังไข่ของดอกดินทั้งสามชนิดมีจำนวนมาก เรณูดอกดินทั้งสามชนิดจัดอยู่ในกลุ่มเรณูขนาดเล็ก โดยพบเรณูทั้งหมดมีขนาดไม่เกิน 25 ไมโครเมตร โดยมีช่องเปิดแบบ tricolpate และมีลวดลายบนผนังเรณูแบบ scabrate และ finely scabrate ดอกดินแดงและว่านดอกสามสีมีผลแบบ loculicidal capsule ที่มีเมล็ดขนาดเล็กภายในจำนวนมาก มีเอ็มบริโอแบบ solanad type มีเอ็นโดสเปิร์มแบบ cellular type โดยเมล็ดของพืชวงศ์ดอกดินนั้นมีเปลือกแบบรังผึ้ง (alveolate) เมล็ดดอกดินแดงนั้นมีเปลือกประกอบด้วยเซลล์ที่มีผนังหนาแบบตาข่าย ในขณะที่เปลือกเมล็ดของว่านดอกสามสีนั้นเป็นเซลล์ brachysclereid ที่มีผนังหนามาก เมื่อศึกษาการงอกของเมล็ดดอกดินแดงในสภาพปลอดเชื้อบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตในที่มืด พบว่า เมล็ดดอกดินแดงสามารถงอกได้ โดยในเดือนที่ 2 เริ่มสังเกตเห็นเอ็มบริโอมีลักษณะเป็นแบบ mulberry shaped พัฒนาเป็นยอด (shoot) ในเดือนที่ 4 และหยุดการเจริญเติบโตในที่สุดหลังจากเดือนที่ 6

_____ _____ ___ / ___ / ____

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Siwachate Chairote 2012: Morphology, Ecology and Anatomy of Dok Din (Orobanchaceae) in Thailand. Master of Science (Botany), Major Field: Botany, Department of Botany. Thesis Advisor: Associate Professor Prasart Kermanee, Ph.D. 102 pages.

Morphology, ecology and anatomy of the family Orobanchaceae were studied by surveying from the reported sources in Thailand and explants of every developmental stages were collected. Specimens of the host plants also were collected for species identification. Three species of the family Orobanchaceae were found. *Aeginetia indica* L. was found in dry evergreen forest, dipterocarp forest and occationally might be found in limestone areas at 0 – 1,800 m above sea level. *A. pedunculata* Wall. was found in grassland at 50 – 1,000 m above sea level. Whilst *Christisonia siamensis* Craib was found in bamboo forest only at 300-800 m above sea level. All species bloom in rainy season during July to October. *A. indica* distributes in all parts of the country and *A. pedunculata* was found in northern, central, western and west part of north-eastern regions. Whereas *C. siamensis* was found in northern, western, Loei province in north-eastern and Chumporn province in southern. The life cycle of all species is similar, starting from preconditioning of seed, attachment of seed on the host root, germinates and penetrates a haustorium to connect the host vascular tissue, development of a tubercle, growth of shoot, flowering and seed setting, respectively. The ripening fruit dehisces and disperses numerous seeds onto the soil. The seeds maintain dormancy overyear. Anatomical characteristic of all species is similar compose of parenchyma cells. Specific parenchymatous cells were found in tubercle of *A. indica* and *A. pedunculata* but were not found in *C. siamensis*. The haustorium of *A. indica* developed many adventitious root from epidermal layer. Stem and peduncle of all species have similar anatomical characteristics. The capitates glands, mucilage secreting glands were found on corolla epidermis. Ovule of all species is numerous. Pollen of all species is a small size (less than 25 μm) with tricolpate aperture, scabrate or finely scabrate sculpturing. Loculicidal capsule fruit containing numerous seeds was found in *A. indica* and *C. siamensis*. Seed of all species is alveolate type. Seedcoat of *A. indica* is reticulately-thickened secondary wall whereas the seedcoat of *C. siamensis* is brachysclereid. Embryo of all species is a solanad type and endosperm of all species is a cellular type. The study on seed germination of *A. indica* in *in vitro* on MS medium without plant growth regulator in dark condition was investigated. It was found that the mulberry shaped embryo was observed often two months of culture. Shoot developed at the forth month. The further development was not observed often sixth month of culture.

_____ _____ ___ / ___ / ____

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ทำให้ผู้วิจัยได้รับประสบการณ์ชีวิตที่มีคุณค่ามากมาย ทำให้เกิดความอดทนและไม่ย่อท้อต่อความยากลำบาก ได้เรียนรู้ทักษะการทำงานวิจัยได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประศาสตร์ เกื้อมณี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ให้การอบรม สั่งสอน แนะนำ และให้คำปรึกษาในทุกๆ เรื่อง ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สรัญญา วัชโรทัย และ รองศาสตราจารย์ ดร.สมคิด สิริพัฒนดิลก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.อรอุษา คำสุข ประธานกรรมการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย และ รองศาสตราจารย์ คุณหญิงสุชาดา ศรีเพ็ญ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาชี้แนะและแก้ไขเล่มวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ดร.ปิยเกษตร สุขสถาน คุณภัทรินทร์ นันทมนตรี คุณหฤทัย เหมะธุลิน และ คุณอนุสรณ์ กุลวงษ์ และครอบครัว ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง และการออกศึกษาภาคสนามในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ทุนวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาเพื่อการตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการระดับชาติหรือนานาชาติ ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ รวมไปถึงเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทั้งระดับปริญญาตรี โท และเอก ภาควิชาพฤกษศาสตร์ทุกท่านที่เป็นกำลังใจให้กันเสมอมา และเหนือสิ่งอื่นใด ขอกราบขอบพระคุณ คุณประทักษ์ หงษ์โสภา คุณโสรชิณีกร เรืองภู คุณสุชาผกร เรืองภู และคุณนวษปรรณ เรืองภู คุณน้าผู้เลี้ยงดู และให้การศึกษามาแต่เยาว์วัย รวมไปถึง นางสาวปัษยุกร ชัยโรจน์ นางสาวปรัฐษฎา บุญมา และเด็กหญิงศิเนพุวัลคุ์ ชัยโรจน์ น้องสาวและหลานสาวผู้เป็นกำลังใจสำคัญในการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ศิวเชษฐ ชัยโรจน์

เมษายน 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	18
อุปกรณ์	18
วิธีการ	22
ผลและวิจารณ์	29
ผล	29
วิจารณ์	82
สรุปและข้อเสนอแนะ	87
สรุป	87
ข้อเสนอแนะ	88
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	89
ภาคผนวก	96
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	102

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางผนวกที่		หน้า
1	TBA (tertiary butyl alcohol) ความเข้มข้นต่างๆ 5 ระดับ	97

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะของดอกดิน	4
2	การปรากฏของเรณู	9
3	การเกิดขั้วของเรณู	10
4	สมมาตรของเรณู	10
5	รูปทรงของเรณู	11
6	ช่องเปิดของเรณู	12
7	โครงสร้างของผนังเรณู	12
8	ลวดลายบนผนังเรณูเมื่อมองจากภาคตัดขวาง	13
9	ลวดลายบนผนังเรณูเมื่อมองจากพื้นผิว	13
10	รูปแบบเรณู	14
11	ดอกดินแดง (*A. indica* L.)	30
12	ลักษณะทางสัณฐานของส่วนต่างๆ ของดอกดินแดง	31
13	เอื้องดิน (*A. pedunculata* Wall.)	32
14	ลักษณะทางสัณฐานของส่วนต่างๆ ของเอื้องดิน	33
15	ว่านดอกสามสี (*C. siamensis* Craib)	34
16	ลักษณะทางสัณฐานของส่วนต่างๆ ของว่านดอกสามสี	35
17	ดอกดินในสภาพธรรมชาติ	37
18	สภาพธรรมชาติที่พบดอกดินแดง เอื้องดิน และว่านดอกสามสี	37
19	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของสถานที่ที่พบและระยะเวลาการปรากฏของดอกดินทั้ง 3 ชนิดในรอบปี	38
20	การกระจายพันธุ์ของดอกดินแดง เอื้องดิน และว่านดอกสามสีในประเทศไทย	39
21	รากเบียนของดอกดินแดง	40
22	การเจริญของรากเบียนและเนื้อเยื่อชั้นผิวของ tubercle	41
23	สาร secondary metabolite ที่สะสมอยู่ในเซลล์และเซลล์พาเรงคิมาที่มีลักษณะเฉพาะใน tubercle ของดอกดินแดง	41
24	รากพิเศษดอกดินแดงตัดตามขวาง	42
25	ลำต้นดอกดินแดงตัดตามขวางและตามยาว	43

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
26	ก้านดอกดอกดินแดงตัดตามขวางและตามยาว	44
27	ดอกดินแดงตัดตามขวาง	45
28	กลีบเลี้ยงและกลีบดอกของดอกดินแดง	45
29	ก้านเกสรเพศเมียและอับเรณูของดอกดินแดง	46
30	ยอดเกสรเพศเมียของดอกดินแดงและยอดเกสรเพศเมียเมื่อตัดตามยาว	46
31	ก้านเกสรเพศเมียตัดตามยาว	47
32	รังไข่ดอกดินแดงเมื่อตัดตามขวางและตัดตามยาว	48
33	ออวุลดอกดินแดง	49
34	อับเรณูดอกดินแดง	50
35	เรณูดอกดินแดง	51
36	ผลดอกดินแดง	52
37	สัณฐานของเมล็ดดอกดินแดง	53
38	การพัฒนาของเมล็ดดอกดินแดงในสภาพปลอดเชื้อ	54
39	การพัฒนาของเมล็ดดอกดินแดงในสภาพปลอดเชื้อเมื่อผ่านการตัดชิ้นบาง	55
40	Tubercle และรากเบียนของเอื้องดิน	56
41	ลำต้นเอื้องดินตัดตามขวางและตามยาว	57
42	ก้านดอกเอื้องดินตัดตามขวางและตามยาว	57
43	ดอกเอื้องดินตัดตามขวาง	58
44	กลีบเลี้ยงเอื้องดินและปากใบ	59
45	กลีบดอกเอื้องดิน	59
46	ก้านเกสรเพศเมียและอับเรณูเอื้องดิน	59
47	ยอดเกสรเพศเมียเอื้องดิน	60
48	ก้านเกสรเพศเมียเอื้องดินตัดตามยาว	61
49	รังไข่เอื้องดินตัดตามขวางและตามยาว	61
50	ออวุลเอื้องดิน	62
51	อับเรณูเอื้องดินตัดตามยาว	63
52	เรณูเอื้องดินและลวดลายบนผนังเรณู	64

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
53	รากเบียนของว่านดอกสามสี	65
54	ลำต้นว่านดอกสามสีตัดตามขวางและตามยาว	66
55	ก้านดอกว่านดอกสามสีตัดตามขวาง	67
56	ดอกว่านดอกสามสีตัดตามขวาง	68
57	กลีบเลี้ยง กลีบดอก และก้านเกสรเพศเมีย	68
58	ยอดเกสรเพศเมียว่านดอกสามสี	69
59	ก้านเกสรเพศเมียว่านดอกสามสีตัดตามยาว	70
60	รังไข่ว่านดอกสามสีตัดตามขวางและตัดตามยาว	71
61	ออวุลว่านดอกสามสี	71
62	อับเรณูว่านดอกสามสีตัดตามยาว	72
63	เรณูว่านดอกสามสี	73
64	ผลว่านดอกสามสี	74
65	เมล็ดว่านดอกสามสี	75
66	พัฒนาการของดอกดินแดง	76
67	พัฒนาการของเอื้องดินในสภาพธรรมชาติ	77
68	พัฒนาการของว่านดอกสามสีในสภาพธรรมชาติ	77
69	วัฏจักรชีวิตของดอกดินแดง	79
70	วัฏจักรชีวิตของเอื้องดิน	80
71	วัฏจักรชีวิตของว่านดอกสามสี	81

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

an.	=	anther
b.scl.	=	brachysclereid
ca.	=	calyx
cg.	=	capitate gland
co.	=	corolla
cor.	=	cortex
e.	=	egg
em.	=	embryo
en.	=	endodermis
en.c.	=	endothecium
en.s.	=	endosperm
epi.	=	epidermis
epi.c.	=	epidermal cell
f.	=	funiculus
fi.	=	filament
gc.	=	guard cell
ha.	=	haustorium
hr.	=	host root
hr.vb.	=	host root vascular bundle
in.	=	integument
i.p.w.	=	inner periclinal wall
la.	=	lacuna
m.	=	micropyle
o.	=	ovule
o.p.w.	=	outer periclinal wall
ow.	=	ovary wall
p.	=	papilae
per.	=	pericarp
ph.	=	phloem

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

pi.	=	pith
pla.	=	placenta
pm.	=	parenchyma
pol.	=	pollen
pol.a.	=	pollen aperture
pol.s.	=	pollen sac
r.hl.	=	root-hairlike
s.	=	seed
s.c.	=	seed coat
sh.	=	shoot
sp.	=	spur
s.p.	=	specific parenchyma
st.	=	style
st.c.	=	stylar canal
st.g.	=	starch grain
stm.	=	stomium
sto.c.	=	storage cell
stt.	=	stomata
ta.	=	tapetum
tan.	=	tannin
tes.	=	testa
tt.	=	transmitting tissue
tu.	=	tubercle
v.	=	vessel
vb.	=	vascular bundle
v.pt.	=	vessel pitted type
v.rt.	=	vessel reticulated type
x.	=	xylem
x.p.	=	xylem parenchyma

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สัณฐานวิทยา นิเวศวิทยา และกายวิภาคของดอกดิน (Orobanchaceae) ในประเทศไทย

Morphology, Ecology and Anatomy of Dok Din (Orobanchaceae) in Thailand

คำนำ

ดอกดิน เป็นพืชในวงศ์ Orobanchaceae มี 15-16 สกุล 150-200 ชนิดทั่วโลก ยกเว้นภาคตะวันออกของทวีปอเมริกาใต้ ออสเตรเลียตะวันออก และนิวซีแลนด์ ในประเทศไทยพบ 2 สกุล ได้แก่ สกุล *Aeginetia* L. มี 2 ชนิด คือ ดอกดินแดง (*Aeginetia indica* L.) และ เอื้องดิน (*A. pedunculata* Wall.) และสกุล *Christisonia* Gardner มี 1 ชนิด คือ ว่านดอกสามสี (*Christisonia siamensis* Craib) (Parnell, 2008) ซึ่งเป็นพืชถิ่นเดียวของประเทศไทย (endemic species) (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550) ดอกดินเป็นพืชเบียนรากพืชให้อาศัย (root parasite) โดยดูดธาตุอาหาร คาร์โบไฮเดรต และน้ำจากรากพืชที่ให้อาศัย (Thorogood *et al*., 2009) ดอกดินเป็นพืชที่ไม่มีใบ ทำให้ขาดแคลนคลอโรฟิลล์ จึงไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ (Ke *et al.*, 1998; Parnell, 2001; Magee and Ahles, 2007; Parnell, 2008; Dor and Hershenhorn, 2009) จึงจัดเป็นพืชเบียนประเภท holoparasite (Lambers *et al.*, 1998)

ดอกดินเป็นสมุนไพรพื้นบ้านไทยที่มีสรรพคุณใช้เป็นยาชงรักษาโรคเบาหวาน และยาต้มเพื่อแก้อาการบวมตามผิวหนังมาแต่โบราณ นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจากต้นสามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง (Auttachoat, 2003) ในขณะที่สารสกัดจากดอกสามารถกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันได้ (Auttachoat *et al*., 2004) นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณในการลดไข้ แก้ไอ รักษาโรคไขข้อและโรคตับเรื้อรัง (Ho *et al.*, 2003) และมีรายงานว่าดอกดินเป็นพืชอาหาร (ธวัชชัย, 2548) และสกัดเป็นสีผสมอาหารได้ด้วย (Parnell, 2001, 2008)

ดอกดิน เป็นพืชที่มีวัฏจักรชีวิตและนิเวศวิทยาที่น่าสนใจ ซึ่งในประเทศไทยนั้นยังมีข้อมูลของพืชวงศ์นี้อยู่น้อยมาก ไม่เคยมีรายงานถึงความเฉพาะเจาะจงของดอกดินกับพืชให้อาศัยว่าเป็นชนิดใดหรือมีการเจริญอยู่ร่วมกันอย่างไร ในขณะเดียวกันพื้นที่ป่าในประเทศไทยลดลง ถ้าพืชให้อาศัยของดอกดินถูกทำลายจะเป็นผลให้ดอกดินสูญหายไปเช่นกัน ดังนั้น การศึกษาความหลากหลาย การแพร่กระจาย นิเวศวิทยา พัฒนาการ วัฏจักรชีวิต และกายวิภาคของดอกดินจึงเป็นแนวทางการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนของดอกดินในประเทศไทย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสัณฐานวิทยาและความหลากหลายของดอกดินในประเทศไทย

2. เพื่อศึกษานิเวศวิทยาและการกระจายพันธุ์ของดอกดิน

3. เพื่อศึกษากายวิภาคของดอกดิน

4. เพื่อศึกษาพัฒนาการและวัฏจักรชีวิตของดอกดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

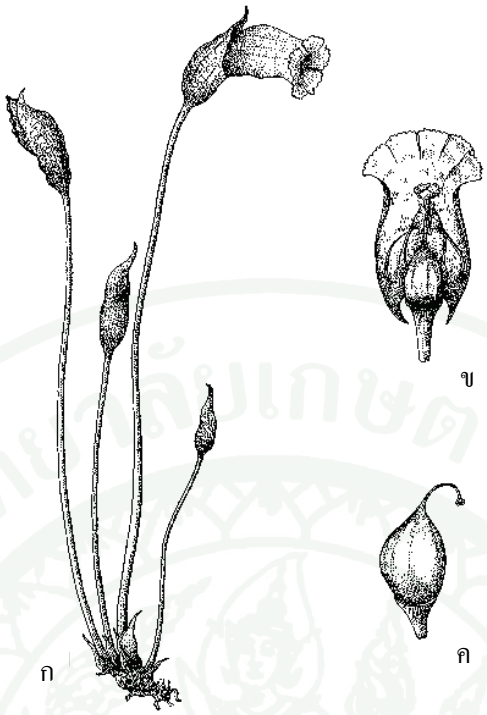
การตรวจเอกสาร

1. สัณฐานวิทยาและความหลากหลายของดอกดินในประเทศไทย

1.1 สัณฐานวิทยาของพืชวงศ์ดอกดิน

พืชในวงศ์ดอกดินเป็นพืชเบียนรากพืชชนิดอื่น ไม่มีเนื้อไม้ ไม่มีคลอโรฟิลล์ โดยปกติลำต้นไม่แตกแขนง แต่บางครั้งอาจมีลักษณะเป็นเกล็ด ดอกเป็นดอกเดี่ยวหรือเป็นช่อแบบช่อกระจะ (raceme) ดอกมีสมมาตรด้านข้าง (irregular) กลีบเลี้ยง (sepal) มี 5 กลีบ เชื่อมติดกัน บางครั้งเป็นรูประฆัง (campanulate) ที่มีปลายหยักแหลม 2-5 หยัก หรือมีลักษณะคล้ายกาบ (spathaceous) กลีบดอก (corolla) เป็นหลอดบางครั้งอาจมีลักษณะโค้งงอ กลีบดอกติดเป็นหลอดรูปปากเปิด กลีบบน 2 กลีบ กลีบล่าง 3 กลีบ เกสรเพศผู้มีจำนวน 4 อัน (เฉพาะชนิดที่พบในประเทศไทย) ติดอยู่ด้านในหลอดกลีบดอก อับเรณูมี 1-2 ช่อง และมีเดือยที่โคน รังไข่ (ovary) มี 2 คาร์เพล ออวุล (ovule) มีจำนวนมาก ก้านเกสรเพศเมีย (style) ยาว ยอดเกสรเพศเมีย (stigma) มี 2 พู แบบก้นปิด (peltate) ผลแห้งแตก (capsule) เมล็ดขนาดเล็กจำนวนมาก (Parnell, 2001, 2008) (ภาพที่ 1)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 ลักษณะของดอกดิน (ก) ลักษณะดอกของดอกดิน (ข) ลักษณะภายในกลีบดอก และ (ค) ผล

ที่มา: Lemmans and Bunyapraphatsara (2003)

1.2 ความหลากหลายของพืชวงศ์ดอกดินในประเทศไทย

ในประเทศไทยพบพืชวงศ์ดอกดิน 2 สกุล 3 ชนิด ได้แก่ สกุล *Aeginetia* L. พบ 2 ชนิด คือ *A. indica* L. หรือดอกดินแดง และ *A. pedunculata* Wall. หรือเอื้องดิน สกุล *Christisonia* Gardner พบ 1 ชนิด คือ *C. siamensis* Craib หรือว่านดอกสามสี (Craib and Kerr, 1962; Parnell, 2001, 2008) โดยว่านดอกสามสีนั้นเป็นพืชถิ่นเดียวของไทย ได้รับการยอมรับว่าเป็นพืชชนิดใหม่ของโลกจากการสำรวจของ ดร. Arthur Francis George Kerr พบบริเวณป่าไผ่สบงาว จังหวัดลำปาง เมื่อพุทธศักราช 2455 และเก็บเป็นตัวอย่างพรรณไม้ต้นแบบ Kerr 2406 ซึ่งตีพิมพ์ลงในวารสาร Bulletin of Miscellaneous Information, Royal Botanic Gardens, Kew คริสต์ศักราช 1914 โดย ศาสตราจารย์ William Grant Craib นักพฤกษศาสตร์ชาวอังกฤษ ซึ่งคำระบุชนิด “siamensis” นั้นตั้งตามชื่อประเทศไทย (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. นิเวศวิทยาและการกระจายพันธุ์ของดอกดิน

2.1 นิเวศวิทยาของดอกดิน

นิเวศวิทยา หมายถึง การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมทั้งที่เป็นสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิตในธรรมชาติ เป็นสาขาหนึ่งของวิชาการด้านชีววิทยา ก่อตัวมาจากวิชาประวัติศาสตร์ธรรมชาติในด้านต่างๆ ที่มนุษย์ในสมัยต้นๆ ได้บันทึกและรวบรวมไว้ และสั่งสอนสืบทอดกันมา ผนวกกับการศึกษาจากร่องรอย ปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ การวิวัฒนาการของพืชและสัตว์ ตลอดจนสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของโลกที่นักวิทยาศาสตร์สาขาต่างๆ ได้ค้นคว้าทดลองเอาไว้ (ดอกรัก และ อุทิศ, 2552)

Aparicio *et al*. (2007, 2009) กล่าวว่า ดอกดินสกุล *Orobanche* เป็นวัชพืชที่เกิดลามทั่วไป โดยจะแย่งอาหารจากรากของพืชปลูกหลายชนิด ไม่มีคลอโรฟิลล์ที่จะสังเคราะห์อาหารได้เอง จึงต้องเบียนรากพืชอื่นเพื่อความอยู่รอด โดยจะดูดคาร์โบไฮเดรตจากโฟลเอม ดูดน้ำและแร่ธาตุจากไซเลมของรากพืชที่ให้อาศัย ซึ่งเมล็ดของดอกดินสกุลนี้นั้นมีความสามารถในการพักตัวอยู่ใต้ดินได้เป็นเวลานานหลายปี และจะเจริญเติบโตได้เมื่อพบกับสัญญาณทางเคมี (chemical signal) ในดินซึ่งเกิดจากรากพืชที่จะเข้าไปอาศัย โดยเฉพาะ Egyptian broomrape (*O. aegyptiaca* Pers.) มีความสามารถในการเบียนรากพืชอื่นที่ปลูกเป็นพืชอาหาร และพืชที่ปลูกเป็นไม้ประดับได้มากกว่า 30 ชนิด ในเขตตะวันออกกลาง แอฟริกา เอเชียกลาง อินเดีย จีน และทางตอนใต้ของรัสเซีย สร้างความเสียหายแก่ผลผลิตอย่างมากมาย และเป็นเรื่องที่ยากมากที่จะกำจัดด้วยสารเคมี เพราะมีโครงสร้างทางกายวิภาครวมไปถึงกระบวนการทางสรีรวิทยาที่เชื่อมต่อกับโครงสร้างของพืชที่ให้อาศัยด้วย (Dor and Hershenhorn, 2009) นอกจากนี้ Qasem (2009) ได้ศึกษาพืชให้อาศัยของดอกดิน 2 สกุลในประเทศจอร์แดน ได้แก่ สกุล *Orobanche* 7 ชนิด และสกุล *Cistanche* 3 ชนิด พบว่าดอกดินสกุล *Orobanche* สามารถเบียนรากพืชชนิดอื่นได้ถึง 24 วงศ์ 86 ชนิด โดย 3 วงศ์แรกที่ถูกเบียนมากที่สุด ได้แก่ วงศ์ Compositae วงศ์ Solanaceae และ วงศ์ Leguminosae ตามลำดับ ในขณะที่ดอกดินสกุล *Cistanche* สามารถเบียนรากพืชชนิดอื่นได้ 20 ชนิด โดย 2 วงศ์แรกที่ถูกเบียนมากที่สุด ได้แก่ วงศ์ Chenopodiaceae และวงศ์ Leguminosae ตามลำดับ

สำหรับในประเทศไทย Craib and Kerr (1962) รายงานว่า พบดอกดินแดงในป่าดิบชื้น ป่าผสมผลัดใบ โดยพบเบียนอยู่กับรากของ *Pollonia monantha* และบริเวณที่มีพืชวงศ์ยางขึ้นอยู่ อาจพบในป่าชนิดอื่นด้วย นอกจากนี้ยังพบตามริมถนนโดยขึ้นอยู่บนหินแกรนิต หรือหินปูน ที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความสูง 0-1,600 เมตร เอื้องดินพบในป่าเบญจพรรณ ทุ่งหญ้า โดยพบเบียนกับรากหญ้า ที่ความสูง 50-1,100 เมตร ส่วนว่านดอกสามสีพบในป่าไผ่ โดยเบียนอยู่กับรากไผ่ มักจะอยู่ลึกเข้าไปในที่ร่ม หรือที่ที่มีแสงน้อย (Parnell, 2001, 2008) นอกจากนี้ Ray and Dasgupta (2009, 2010b) พบเอื้องดินเบียนอยู่กับรากของพืชวงศ์หญ้า (Poaceae) ได้แก่ หญ้าแพรก (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), *Saccharum spontaneum* L., ข้าวฟ่าง (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) หญ้าแฝก (*Vetiveria zizanoides* (L.) Nash.) และอ้อย โดยเอื้องดินจะออกดอกในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม ซึ่งตรงกับฤดูฝน (Ray and Dasgupta, 2010a)

2.2 การกระจายพันธุ์ของดอกดิน

Magee and Ahles (2007) รายงานว่า ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของสหรัฐอเมริกาพบการกระจายพันธุ์ของดอกดิน 3 ชนิด ได้แก่ *Orobanche uniflora* L. *Conopholis americana* (L.) Wallr. และ *Epifagus virginiana* (L.) W. Bart. ในขณะที่เขตอบอุ่นในทวีปยุโรปบริเวณรอบชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียนรวมไปถึงเขตตะวันออกกลาง พบการกระจายพันธุ์ของดอกดิน *Orobanche crenata*และ *O. Cumana* มักเบียนรากพืชวงศ์ถั่วที่เป็นพืชปลูกรวมไปถึงรากของทานตะวันทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตได้ (Aparicio *et al*., 2009; Ruiz *et al*., 2009) นอกจากนี้ Vrancken *et al*. (2009) กล่าวถึงดอกดิน *Rhinanthus angustifolius* ว่ามีการกระจายพันธุ์ตั้งแต่ที่ระดับน้ำทะเล ไปจนถึงที่ความสูงประมาณ 1,400 เมตร ซึ่งจะพบมากที่บริเวณคาบสมุทรไอบีเรีย และประเทศอิตาลี ในส่วนของดอกดินสกุล *Euphrasia* นั้นมีการกระจายพันธุ์บริเวณยอดเขาของไต้หวันและภูมิภาคมาเลเซีย ซึ่งประกอบไปด้วย เกาะลูซอน เกาะบอร์เนียว เกาะสุลาเวสี เกาะเซราม และเกาะนิวกินี (Wu *et al*., 2009)

ในส่วนของดอกดินที่พบในประเทศไทยนั้น Parnell (2001, 2008) รายงานว่า ดอกดินแดงมีการกระจายพันธุ์ในแถบประเทศอินเดีย ศรีลังกา พม่า เวียดนาม คาบสมุทรมาเลย์ เกาะชวา จีน ฟิลิปปินส์ เกาะบอร์เนียว เกาะนิวกินี ญี่ปุ่น และไทย เอื้องดินมีการกระจายพันธุ์ในแถบประเทศอินเดีย พม่า เวียดนาม คาบสมุทรมาเลย์ เกาะชวา จีน ฟิลิปปินส์ และไทย และ ว่านดอกสามสีมีการกระจายพันธุ์ในประเทศไทย และมีรายงานพบในประเทศพม่าด้วย สำหรับในประเทศไทยนั้น ดอกดินแดงพบได้ทุกภาคของประเทศ เอื้องดินพบบริเวณภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันตก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก ไม่พบในภาคใต้ ส่วนว่านดอกสามสีพบเฉพาะภาคเหนือ ภาคตะวันตก ในส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบเฉพาะที่จังหวัดเลย และภาคใต้ พบเฉพาะที่จังหวัดชุมพร ไม่พบในภาคกลางและภาคตะวันออก (Craib and Kerr, 1962) ซึ่งการแพร่พันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(dispersal) ของดอกดินในสภาพธรรมชาตินั้นจะแพร่พันธุ์โดยอาศัยลมและน้ำเป็นหลัก ซึ่งชนิดของพืชให้อาศัยเป็นปัจจัยสำคัญต่อระยะทางในการแพร่พันธุ์ด้วย (Ray and Dasgupta, 2009)

3. สัณฐานวิทยาของรากเบียน

รากเบียน เป็นรากพืชที่เกาะอยู่กับพืชชนิดอื่นและเจริญเข้าไปจนถึงเนื้อเยื่อลำเลียงของพืชให้อาศัย เพื่อดูดซึมน้ำและอาหารมาใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต มีทั้งพืชที่สร้างอาหารได้เอง และไม่สามารถสร้างอาหารได้เอง (พวงผกา, 2548) โดยรากเบียนมีหน้าที่หลักๆ อยู่ 3 ประการ คือ การเกาะติด การเจาะ และการดูดซึมน้ำและธาตุอาหาร (Stewart and Press, 1990) การจัดกลุ่มของพืชเบียนสามารถจัดกลุ่มได้โดยใช้ 2 หลักการ หลักการแรก คือการดูจากจุดที่พืชเบียนเบียนอยู่กับพืชให้อาศัย ถ้าเบียนรากพืชให้อาศัย เรียกว่า root parasite ถ้าเบียนบริเวณลำต้นหรือยอดของพืชให้อาศัย เรียกว่า shoot parasite (Musselman and Press, 1995) หลักการที่สอง คือการดูว่ามีหรือไม่มีคลอโรฟิลล์ ถ้ามีคลอโรฟิลล์ สามารถสังเคราะห์อาหารเองได้ เรียกว่า hemiparasite ถ้าไม่มีคลอโรฟิลล์ ไม่สามารถสังเคราะห์อาหารเองได้ เรียกว่า holoparasite (Musselman and Press, 1995; Lambers *et al.*, 1998)

4. กายวิภาคของดอกดิน

การศึกษาทางด้านกายวิภาคของพืช เป็นการศึกษาเกี่ยวกับรูปร่างลักษณะภายใน เนื้อเยื่อชนิดต่างๆ การเจริญ วิวัฒนาการ การเปลี่ยนสภาพ และความสำคัญของเนื้อเยื่อแต่ละชนิดตลอดถึงลักษณะภายในและการเจริญของส่วนต่างๆ ของพืชชั้นสูง จึงเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับการศึกษาถึงรูปร่างลักษณะภายนอกของพืช และยากจะแยกออกจากกันได้เด่นชัด (เทียมใจ, 2549)

สำหรับพืชวงศ์ดอกดินนั้น ยังมีผู้ศึกษากายวิภาคของพืชวงศ์นี้ค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะดอกดินที่พบในประเทศไทย มีรายงานถึงลักษณะพิเศษของท่อลำเลียงอาหารที่อยู่ภายในรากเบียนของพืชวงศ์ดอกดินที่มีลักษณะเฉพาะตัว (Rajanna *et al*., 2005) สำหรับดอกดินแดง เอื้องดิน และดอกดิน *Christisonia subacaulis* Gardn. มีเกสรเพศผู้ 2 คู่ที่ยาวไม่เท่ากัน (didynamous) โดยเกสรเพศผู้คู่ล่างมีเดือยยื่นออกมา ออวุลมีลักษณะเป็นออวุลคว่ำ (anatropous) จำนวนมาก และเป็นพืชที่ผสมตัวเอง (self pollination) รังไข่มีคาร์เพลเชื่อม (syncarpous) มี 1 ช่อง 2 คาร์เพล มี placentation แบบ parietal placentation มี 4 พลาเซนตา และพบว่ามีการเจริญของเอ็นโดสเปิร์มเป็นแบบ cellular type และบริเวณโดยรอบมีการเจริญของเนื้อเยื่อที่ใช้สะสมอาหารด้วย นอกจากนี้ยังมีการเจริญของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอ็มบริโอแบบ solanad type (Tiagi, 1952; Raju and Chamaiah, 1971; Chen and Hsiao, 2011) ต่อมามีการศึกษาในดอกดิน *Boschniakia himalaica* และดอกดิน *Orobanche caerulescens* พบว่ามีการเจริญของเอ็มบริโอแบบ onagrad type เปลือกเมล็ดชั้นนอกมีลักษณะเป็นลวดลายแบบร่างแห เมล็ดของดอกดินแดงและ *O. caerulescens* มีลักษณะเป็นรูปไข่ (ovate) ในขณะที่เมล็ดของ *B. himalaica* มีลักษณะเป็นรูปกลมแป้น (oblate) และมีการศึกษาในดอกดิน *Christisonia hookeri* ซึ่งพบว่ามีการเจริญของเอ็นโดสเปิร์มแบบ cellular type ด้วยเช่นกัน (Chen and Hsiao, 2011) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาลักษณะทางสัณฐานของเมล็ดดอกดินสกุล *Cistanche* ในประเทศอิหร่าน พบว่าทุกชนิดที่ศึกษานั้นมีลวดลายบนเปลือกเมล็ด (seed coat) เป็นแบบรังผึ้ง (alveolate) เหมือนกันทุกชนิด แต่เมื่อศึกษาผนังด้านในที่ตั้งฉากกับผนังด้านนอก พบความแตกต่างในระดับปานกลาง คือ มีลักษณะเป็นรู (perforate) และมีลวดลายแบบริ้วตรง (striate) ลักษณะของเมล็ดของพืชวงศ์ดอกดินนั้นได้รับการยอมรับว่าเป็นลักษณะสำคัญที่สามารถนำใช้ในการจำแนกความแตกต่างระหว่างชนิดได้ (Shavvon and Mehrvarz, 2010)

5. การศึกษาเรณู

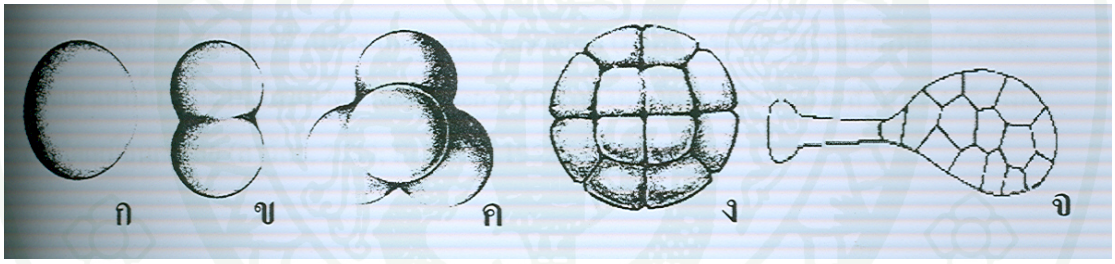
เรณูวิทยา เป็นศาสตร์ที่ศึกษาเรณูและสปอร์ของพืช ซึ่งทั้งเรณู และสปอร์นั้น ต่างก็เป็นผลมาจากการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์ โดยมีโครโมโซมลดลงเหลือครึ่งหนึ่งจากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis) และยังเกี่ยวข้องในเรื่องของโครงสร้าง รวมไปถึงกระบวนการสร้างเรณูและสปอร์ นอกจากนี้ ยังสามารถนำความรู้ทางเรณูวิทยามาใช้ในการศึกษาด้านอื่นๆ ได้ เช่น อนุกรมวิธาน พันธุศาสตร์และวิวัฒนาการ การศึกษาเรณูในน้ำผึ้ง (melissopalynology) นิติวิทยาศาสตร์ การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ และการศึกษาทางโบราณคดี เป็นต้น (Moore *et al*., 1991) โดยทั่วไปเรณูของพืชดอกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ eurypalyny หมายถึง กลุ่มของเรณูที่มีรูปร่างแตกต่างกันหลายแบบในลำดับวงศ์ และ stenopalyny หมายถึง กลุ่มของเรณูที่มีรูปร่างลักษณะเป็นแบบเดียวหรือเหมือนกันหมดทั้งวงศ์ เรณูที่เจริญเต็มที่จะมีลักษณะเด่นอยู่ที่ผนังเซลล์ ซึ่งเรียกว่า sporoderm มีลวดลายต่างๆ ทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียน้ำและการทำลายของจุลินทรีย์ต่อแกมีโทไฟต์ (gametophyte) ในระยะเริ่มแรก ได้มีการเรียกชื่อต่างกันไปหลายระบบ ระบบหนึ่งจัดผนังเป็น 2 ส่วน คือ ชั้นนอก (outer wall) เรียกว่า exine อาจเป็นชั้นที่เป็นแผ่นเรียบ รูปร่างคงที่ สำหรับชั้น exine มีโครงสร้างพิเศษมีสารเคลือบที่ทนทานต่อการทำลายของกรดและเบสได้ดี เรียก sporopollenin ($C_{90}H_{134}O_{20}$) และชั้นใน (inner wall) เรียก intine ประกอบไปด้วยเซลลูโลส (cellulose) สามารถขยายตัวเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วไปเป็นหลอดเรณู (pollen tube) exine ยังแบ่งออกเป็นผนังชั้นในซึ่งไม่มีลวดลาย เรียก nexine และผนังชั้นนอกที่มีลวดลายซึ่งมีลักษณะแตกต่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กัน เรียก sexine ชั้นนี้ยังแบ่งย่อยออกเป็นชั้นที่ทำหน้าที่เสาค้ำยัน เรียก collumellae และจะติดต่อกับ nexine ซึ่งจะรองรับชั้นที่ทำหน้าที่คล้ายหลังคา เรียกว่า tectum ซึ่งอาจรวมกันอยู่ด้านบน หรืออยู่ลอยๆ และสามารถแบ่ง exine เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ atectate พบในพืชพวกเมล็ดเปลือย (gymnosperm) และพืชดอก (angiosperm) โบราณบางชนิด ลักษณะของผนังกลุ่มนี้จะค่อนข้างมีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน หรืออาจจะมีลักษณะเป็นชั้น ส่วน tectate มักพบในพืชดอก นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่าชั้น medine จะอยู่ระหว่าง exine และ intine ด้วย (เทียมใจ, 2542; มนัส, ม.ป.ป.)

5.1 สัณฐานของเรณู

เรณูที่ปล่อยออกจากอับเรณูของพืชสู่บรรยากาศ แบ่งออกเป็น 5 แบบ ได้แก่ เรณูเดี่ยว (manad) (ภาพที่ 2ก) เรณูแฝด (diads) (ภาพที่ 2ข) เรณูแฝด 4 (tetrads) (ภาพที่ 2ค) เรณูกลุ่มมากกว่า 4 (polyads) (ภาพที่ 2ง) และถุงเรณู (pollinia) (ภาพที่ 2จ) (Erdtman, 1952)

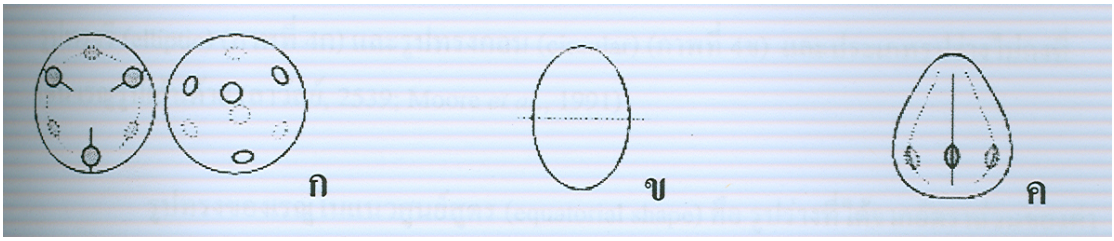


ภาพที่ 2 การปรากฏของเรณู (ก) เรณูเดี่ยว (ข) เรณูแฝด (ค) เรณูแฝด 4 (ง) เรณูกลุ่มมากกว่า 4 (จ) ถุงเรณู

ที่มา: Punt *et al*. (1999)

การเกิดขั้ว (polarity) หมายถึง ลักษณะของผนังชั้นนอกของเรณูในด้าน proximal pole และ distal pole เป็นการศึกษาเพื่อทราบทิศทางการเรียงตัวของช่องเปิด แบ่งออกเป็น 3 แบบ ได้แก่ ไม่มีขั้ว (apolar) (ภาพที่ 3ก) มักพบในเรณูที่มีช่องเปิดจำนวนมากหรือไม่มีช่องเปิด ขั้วเหมือน (isopolar) (ภาพที่ 3ข) คือ มีจำนวนช่องเปิดเท่ากัน หรือพื้นผิวทางด้านขั้วใกล้และขั้วไกลเท่ากันหรือเหมือนกัน และขั้วต่าง (heteropolar) (ภาพที่ 3ค) คือ มีช่องเปิดหรือพื้นผิวทางด้านขั้วใกล้และขั้วไกลที่ไม่ได้สัดส่วน หรือไม่มีสมมาตร (Erdtman, 1952; Punt *et al*., 1999)

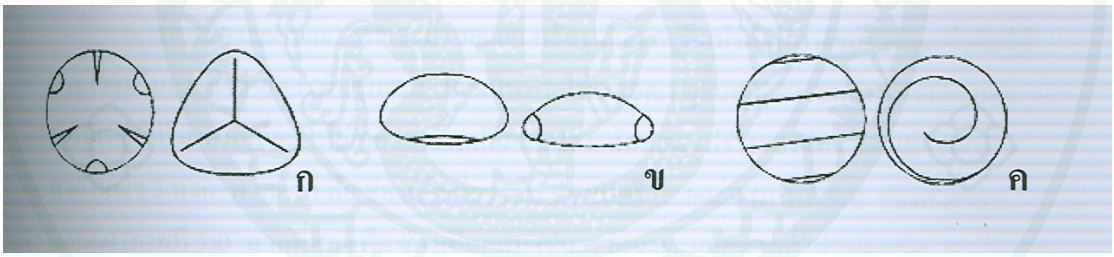
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 การเกิดขั้วของเรณู (ก) ไม่มีขั้ว (ข) ขั้วเหมือน (ค) ขั้วต่าง

ที่มา: Punt *et al*. (1999)

สมมาตร (symmetry) หมายถึง ส่วนที่เหมือนกันของเรณูเมื่อถูกตัดแบ่งออกเป็นส่วนๆ แบ่งออกเป็น 3 แบบ ได้แก่ สมมาตรด้านรัศมี (radial symmetry) (ภาพที่ 4ก) คือ มีส่วนที่เหมือนกันมากกว่า 2 แนว สมมาตรด้านข้าง (bilateral symmetry) (ภาพที่ 4ข) คือ มีส่วนที่เหมือนกันเพียง 2 แนวเท่านั้น และไม่มีสมมาตร (asymmetry) (ภาพที่ 4ค) คือ เมื่อตัดส่วนใดส่วนหนึ่งแล้วไม่มีส่วนใดเหมือนกันเลย (Erdtman, 1952)



ภาพที่ 4 สมมาตรของเรณู (ก) สมมาตรด้านรัศมี (ข) ด้านข้าง (ค) ไม่มีสมมาตร

ที่มา: Punt *et al*. (1999)

ขนาด (size) วัดจากส่วนที่ยาวที่สุดทั้ง 2 แนว คือ ความยาวในแนวแกนขั้ว (polar axis, P) และความยาวในแนวแกนศูนย์สูตร (equatorial axis, E) โดยทั่วไป เรณูมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 5-200 ไมโครเมตร (μm) ความแปรปรวนของขนาดเรณูของพืชชนิดเดียวกันมีค่อนข้างจำกัด และการวัดขนาดควรคำนึงถึงวิธีการเตรียมตัวอย่างด้วยว่าเรณูมีแนวโน้มที่จะบวมมากกว่าปกติในน้ำ หรือการใช้ด่าง (มนัส, ม.ป.ป.)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

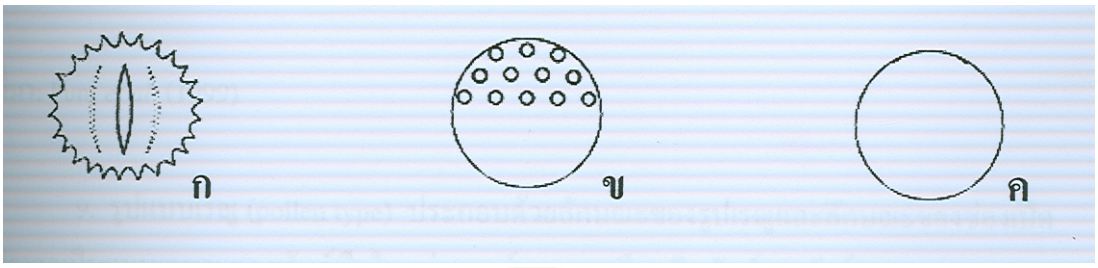
รูปทรง (shape) รูปทรงของเรณูมีส่วนสัมพันธ์กับช่องเปิดแบบต่างๆ โดยทั่วไปพืชดอกจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ประเภทรูปร่างคงที่ ได้แก่ รูปร่างเรณูต่างๆ ที่เป็นพื้นฐาน เช่น รูปทรงรี (elliptic) (ภาพที่ 5ก) และรูปทรงกลม (circular) (ภาพที่ 5ข) และประเภทรูปร่างไม่คงที่ เช่น เรณูรูปเส้นด้าย (Moore *et al.*, 1991) รูปทรงของเรณูในแนวศูนย์สูตร (equatorial shape) คือ รูปร่างที่ได้จากอัตราส่วนของค่า P และค่า E (P/E ratio) เช่น P:E = 1:1 จะมีรูปร่างกลม (speroidal) (Erdtman, 1952)

ภาพที่ 5 รูปทรงของเรณู (ก) รูปทรงรี (ข) รูปทรงกลม (ส่วนที่แรเงา คือ รูปทรงรี และทรงกลมในระดับต่างๆ)

ที่มา: Punt *et al*. (1999)

ช่องเปิด (aperture) เรณูจะมีรอยแยก หรือรูเล็กๆ อยู่ที่ผนังส่วนบางของ exine ซึ่งพืชใช้ประโยชน์ในการส่งถ่ายสารพันธุกรรม โดยเป็นทางให้หลอดเรณูยื่นออกมาระหว่างการงอก และทำให้เรณูมีปริมาตรเปลี่ยนไปเมื่อความชื้นเปลี่ยนแปลง ลักษณะรูปร่างของช่องเปิดแบ่งออกเป็นพวกใหญ่ๆ 3 พวก พวกแรก คือ ช่องเปิดเดี่ยว เช่น ช่องเปิดรี (colpate) (ภาพที่ 6ก) ช่องเปิดกลม (porate) (ภาพที่ 6ข) พวกที่สอง คือ ช่องเปิดผสม เช่น colporate และพวกที่ไม่มีช่องเปิด (inaperturate) (ภาพที่ 6ค) เรณูที่มีช่องเปิดรี มักเป็นเรณูของพืชค่อนข้างโบราณ (primitive) ส่วนเรณูที่มีช่องเปิดกลมมักเป็นเรณูของพืชส่วนใหญ่ ที่มีพัฒนาการสูง (advance) (เทียมใจ, 2542; มนัส, ม.ป.ป.)

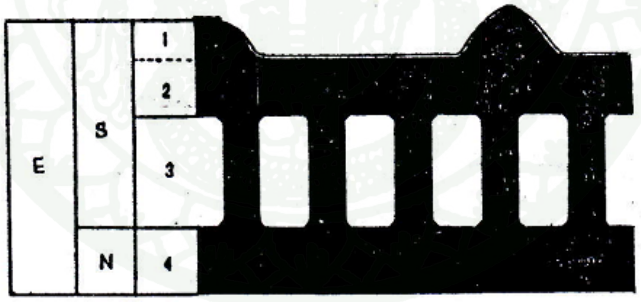
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 ช่องเปิดของเรณู (ก) ช่องเปิดรี (ข) ช่องเปิดกลม (ค) ไม่มีช่องเปิด

ที่มา: Punt *et al*. (1999)

โครงสร้างของผนังเรณู (exine structure) เป็นส่วนที่ศึกษาผนังชั้นต่างๆ ของเรณู เพื่อศึกษาโครงสร้างที่จะบ่งบอกทิศทางการวิวัฒนาการ (evolution trend) และความแตกต่างของเรณูในพืชบางชนิดที่มีลักษณะคล้ายกันมาก โดยชั้น exine จะประกอบด้วย sexine และ nexine ในขณะที่ชั้น sexine เองก็จะประกอบไปด้วยชั้น suprategillar processes ชั้น tectum และชั้น infrategillar bacular (Huang, 1972)

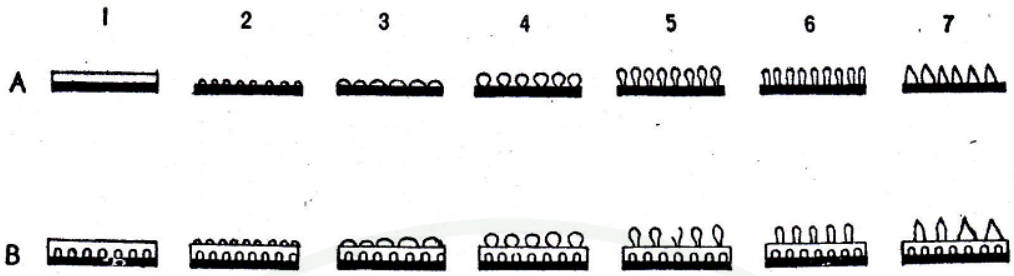


ภาพที่ 7 โครงสร้างของผนังเรณู, E = Exine = 1+2+3+4; S = Sexine = 1+2+3; N = Nexine = 4; 1 = Suprategillar processes; 2 = Tectum; 3 = Infrategillar bacular

ที่มา: Huang (1972)

ลวดลายบนผนังเรณู (exine sculpturing) เมื่อมองจากภาคตัดขวาง (sectional view) สามารถแบ่งลวดลายออกได้เป็น 2 รูปแบบใหญ่ๆ คือ intectate และ tectate ในแต่ละรูปแบบสามารถแบ่งได้ออกเป็น 7 รูปแบบย่อย (Huang, 1972) ดังนี้

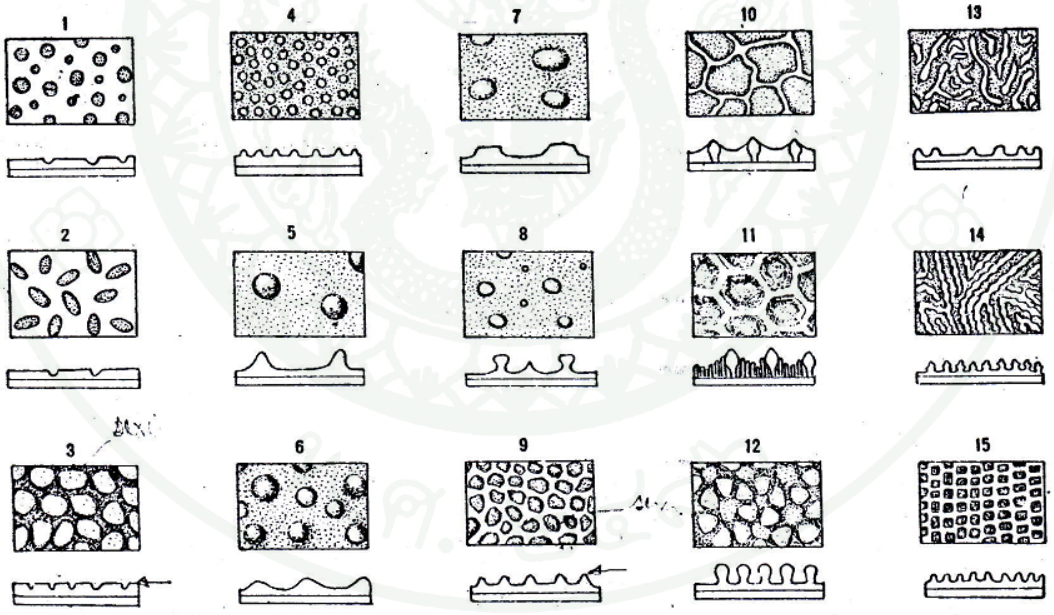
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 ลวดลายบนผนังเรณูเมื่อมองจากภาคตัดขวาง, A = intectate; B = tectate; 1 = psilate; 2 = scabrate; 3 = verrucate; 4 = gemmate; 5 = clavate; 6 = baculate; 7 = echinate

ที่มา: Huang (1972)

เมื่อมองจากพื้นผิว (surface view) สามารถแบ่งลวดลายได้เป็น 15 แบบ ดังนี้

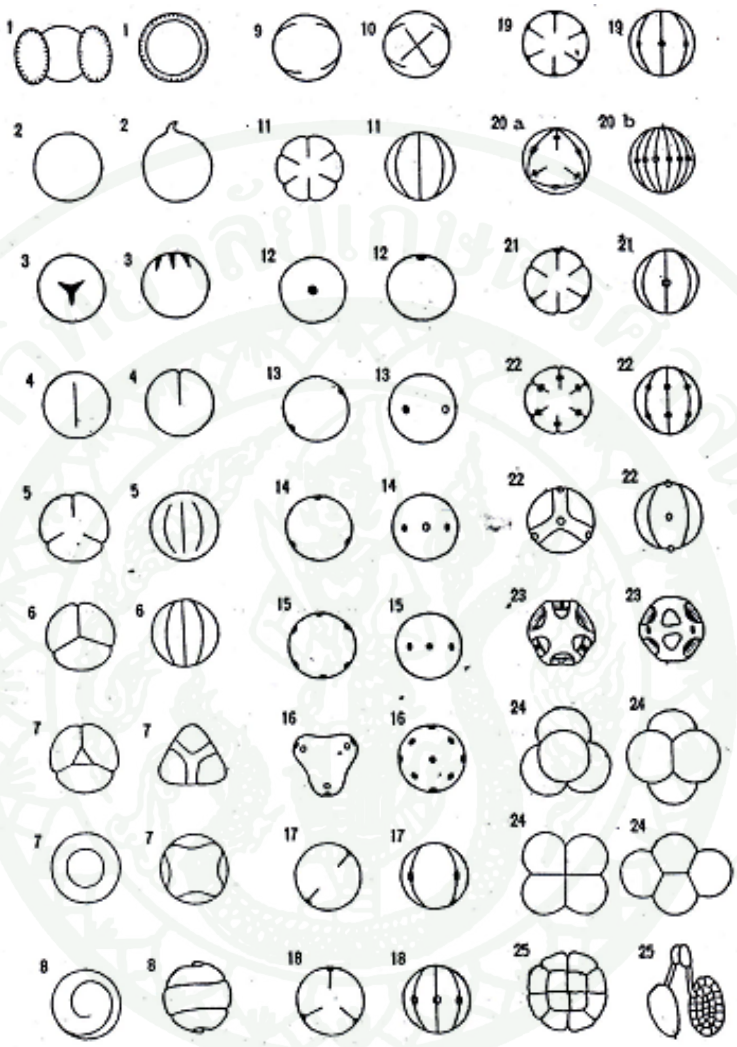


ภาพที่ 9 ลวดลายบนผนังเรณูเมื่อมองจากพื้นผิว, 1 = foveolate; 2 = fossulate; 3 = areolate (negatively reticulate); 4-8 = granulate; 9 = reticulate; 10 = lopho-reticulate (supra-reticulate); 11 = lophate; 12 = croton pattern; 13 = regulate; 14 = striate; 15 = striato-reticulate

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่มา: Huang (1972

รูปแบบเรณู (pollen type) สามารถแบ่งได้ 25 แบบ ดังนี้



ภาพที่ 10 รูปแบบเรณู, 1 = vesiculate; 2 = inaperturate; 3 = trichotomosulcate (trilet); 4 = 1(-2)-colpate; 5 = 3-colpate; 6 = syncolpate (syncolporate); 7 = parasyncolpate (parasyncolporate, zonaperturate); 8 = spiraperturate; 9 = 4-colpate (pericolpate); 10 = 4-6-colpate (pericolpate); 11 = pantocolpate (stephanocolpate); 12 = 1-porate (ulcerate); 13 = 2-porate; 14 = 3-porate; 15 = 4-6 porate; 16 = pantoporate (periporate); 17 = 2-colporate; 18 = 3-colporate; 19 = 4-6-colporate (stephanocolporate); 20 = pantocolporate (a. pericolporate; b. stephanocolporate); 21 = heterocolpate; 22 = heteroporate; 23 = fenestrate; 24 = tetrad; 25 = polyad

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่มา: Huang (1972)

5.2 การศึกษาเรณูของดอกดิน

Raju and Chamaiah (1971) รายงานสัณฐานเรณูของ *Christisonia subacaulis* Gardn. ว่ามีช่องเปิดแบบ tricolpate และมีรูปทรงแบบ spheroidal ในขณะที่มีรายงานลักษณะทางสัณฐานของเรณูพืชวงศ์ดอกดินในประเทศไต้หวันว่ามีรูปแบบเรณูแบบช่องเปิดเดี่ยวแนวยาว 3 ช่องเปิด (tricolporate) หรือช่องเปิดเดี่ยวเชื่อมทีละคู่ (parasyncolpate) ลักษณะอาจเป็นรูปรีตั้ง (prolate) ไปจนเกือบเป็นรูปรีนอน (suboblate) มีขนาด 20-30×17-30 ไมครอน เมื่อมองด้าน polar view ที่แนว ambitus คือ ขอบเขตของระนาบแกนศูนย์สูตรของเรณูรูปร่างแบบกึ่งเชิงมุม (semi-angular) รูปร่างทรงกลม (circular) หรือรูปร่างแบบกึ่งพูที่มีช่องเปิดอยู่ระหว่างพู (inter-semi-lobate) ช่องเปิด (colpate) ยาว ผนัง exine หนา 1 ไมครอน ชั้น tectum เรียบ (psilate) หรือมีลวดลายแบบติ่งหนาม (scabrate) ชั้น sexine มองเห็นเป็นเม็ด (granulate) หรือเป็นลายร่างแหละเอียด (finely reticulate) บางครั้งอาจมีรูปแบบไม่ชัดเจน ชั้น nexine บางกว่าชั้น sexine (Huang, 1972) ต่อมา Lu *et al.* (2007) ศึกษาสัณฐานของเรณูพืชวงศ์ดอกดิน เผ่า Rhinantheae 36 ชนิด ใน 14 สกุล พบลวดลายบนผนังเรณู 5 รูปแบบใหญ่ๆ ได้แก่ ลวดลายแบบ retipilate, ลวดลายแบบตุ่มกลม (verrucate), ลวดลายแบบ retirugulate, ลวดลายแบบ granulate และลวดลายแบบร่างแหเล็ก (microreticulate) ส่วน Shavvon and Mehrvarz (2010) ศึกษาลวดลายบนผนังเรณูของดอกดินสกุล *Cistanche* 6 ชนิด ที่พบในประเทศอิหร่าน พบลวดลายที่แตกต่างกัน 4 แบบ ได้แก่ ลวดลายแบบ microhammulate ลวดลายแบบติ่งหนามเล็ก (microscabrate) ลวดลายแบบ microornate และลวดลายแบบตุ่มกลมฐานคอดเล็ก (microgemmate) และ Parnell (2001) รายงานลักษณะของเรณูดอกดินที่พบในประเทศไทย ได้แก่ ดอกดินแดง เรณูมีรูปร่างทรงกลม (spherical) ผิวนอกมีลวดลายแบบติ่งหนามละเอียด (finely scabrate) และว่านดอกสามสี เรณูมีรูปร่างทรงกลม ผิวชั้นนอกมีลวดลายแบบติ่งหนามละเอียด มี 3 ช่องเปิดที่เป็นร่อง (prominent groove)

6. พัฒนาการและวัฏจักรชีวิตของดอกดิน

French and Sherman (1976) ศึกษาการเจริญของเมล็ดดอกดินแดงในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า เมล็ดที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อมีการเจริญ 5 ระยะ ระยะที่ 1 ระยะงอก (germination) มีการขยายขนาดและเพิ่มปริมาณของเซลล์รูปร่างคล้ายทรงกลม (spheroidal) เจริญออกมาทางไมโครไพล์ (micropyle) ที่อยู่บริเวณขั้วของเมล็ด ระยะที่ 2 ระยะยึดเกาะ (tendril formation) ระยะนี้จะมีการสร้างรากที่มีลักษณะคล้ายขน (hair like root) ยื่นออกมา เป็นการตอบสนองต่อสารที่เป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สัญญาณ (chemical signal) จากรากพืชที่ให้อาศัย ระยะที่ 3 ระยะแบ่งเซลล์ (tendril septation) ระยะที่ 4 ระยะแตกแขนง (branching) มีการแตกแขนงของรากซึ่งเกิดจากการชักนำโดยสารสัญญาณ (chemical signal) และระยะที่ 5 ระยะยืดตัวของต้นกล้า (seedling extension) มีการแบ่งเซลล์และอัดตัวกันแน่นจนกลายเป็นปม (nodule) ในที่สุด ซึ่งลักษณะการเจริญแบบนี้ เรียกว่า “mulberry shape” นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในดอกดินชนิดอื่นๆ โดย Cameron and Seel (2007) ศึกษาพัฒนาการด้านกายวิภาคของดอกดิน *Rhinanthus minor* กับพืชให้อาศัย 3 ชนิด ได้แก่ *Cynosurus cristatus*, *Leucanthemum vulgare* และ *Plantago lanceolata* พบว่า รากเบียน (haustorium) จะพัฒนาได้ดีที่สุดเมื่ออยู่กับรากของ *Cynosurus cristatus* ซึ่งเป็นพืชวงศ์หญ้า (Poaceae) โดยรากเบียนสร้างส่วนที่เรียกว่า hyaline body และท่อลำเลียงน้ำ โครงสร้างดังกล่าวจะทำให้เนื้อเยื่อในชั้นคอร์เท็กซ์ (cortex) ของรากพืชที่ให้อาศัยนั้นสูญเสียรูปทรง จากนั้นรากเบียนจะเจริญส่งท่อลำเลียงน้ำเจาะเข้าไปที่ท่อลำเลียงน้ำของรากพืชที่ให้อาศัย ในขณะที่การเจริญของรากเบียนเมื่ออยู่กับรากของ *Leucanthemum vulgare* และ *Plantago lanceolata* นั้นไม่สร้าง hyaline body และท่อลำเลียงน้ำ เพราะไม่สามารถเจาะเข้าไปถึงชั้นของท่อลำเลียงน้ำของพืชให้อาศัยทั้งสองชนิดได้ ในปีเดียวกัน Joel (2007) ศึกษากายวิภาคของการเจริญของ *Orobanche aegyptiaca* ในมันฝรั่ง พบว่า รากเบียนจำนวนมาก สามารถเจริญเข้าไปในรากพิเศษ (adventitious root) ของมันฝรั่งได้ โดยการเจาะผ่านเข้าไปในเนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis) ผ่านเซลล์พาเรงคิมา (parenchyma) และเข้าไปพัฒนาภายในเนื้อเยื่อท่อลำเลียงและเจริญอยู่ในชั้นคอร์เท็กซ์ (cortex) ด้วย

Li and Guan (2008) ได้ศึกษาลักษณะของการเจริญอยู่ร่วมกันระหว่างดอกดินสกุล *Pedicularis* กับพืชให้อาศัย โดยมีราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (arbuscular micorrhizal fungi) เป็นตัวช่วยในการหาอาหาร พบว่า ดอกดินสกุล *Pedicularis* 23 ชนิด จาก 29 ชนิดที่ศึกษานั้น มีการเจริญของรากเบียนเข้าไปพัฒนาอยู่ในท่อลำเลียงน้ำของรากพืชให้อาศัยเป็นส่วนใหญ่ แต่ก็มีบางส่วนที่สามารถเจริญอยู่ภายนอกท่อลำเลียงน้ำได้ ไม่เพียงแค่นั้น แต่ยังพบการเจริญของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอยู่ร่วมด้วยจำนวนมากโดยพบการเจริญของเส้นใย (hyphae) ทั้งภายในและภายนอกเนื้อเยื่อของรากพืชที่ให้อาศัย ในปีเดียวกัน Luque *et al*. (2008) รายงานวัฏจักรชีวิตของดอกดินสกุล *Orobanche* ไว้ว่า เมื่อเมล็ดของดอกดินเริ่มงอก รากเบียนของดอกดินจะไปเชื่อมต่อกับรากของพืชที่ให้อาศัย จากนั้นเริ่มเจาะรากของพืชที่ให้อาศัยนั้นและเจริญรุกเข้าไปภายใน จากนั้นพัฒนาเนื้อเยื่อบริเวณรอยต่อของรากพืชที่ให้อาศัยเป็นปุ่ม (tubercle) และพัฒนารากเบียนที่เจาะเข้าไปภายในจนเจริญเป็นต้นและโผล่ทะลุรากพืชที่ให้อาศัยออกมาชูดอกขึ้นสู่เหนือดิน ดอกเมื่อได้รับการผสมจึงพัฒนาเป็นผลและเมล็ดต่อไป และ Yoneyama *et al*. (2010) รายงานวัฏจักรชีวิตของดอกดินสกุล *Striga* และ ดอกดินสกุล *Orobanche* ว่ามีลักษณะที่คล้ายกัน โดยแบ่งออกเป็น 7 ระยะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยะที่ 1 ระยะเมล็ดเตรียมพร้อมที่จะงอกหลังจากช่วง pre-incubation เมื่อได้รับความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสม ระยะที่ 2 ระยะเมล็ดเริ่มงอกหลังจากรับรู้ถึงสารเคมีจากพืชที่ให้อาศัย เรียกว่า “germination stimulants” ซึ่งถูกปลดปล่อยออกมาจากรากพืชให้อาศัย ระยะที่ 3 ระยะรากแรกเกิด (radicle) เมื่องอกจะเจริญยืดยาวไปที่รากของพืชให้อาศัยภายในระยะเวลาไม่กี่วัน ระยะที่ 4 ระยะรากแรกเกิดพัฒนาไปเป็นรากเบียน (haustorium) และติดแน่นกับรากพืชให้อาศัยโดยเจาะผ่านเนื้อเยื่อชั้นผิวและชั้นคอร์เท็กซ์ ของรากพืชให้อาศัยและเชื่อมต่อกับระบบท่อลำเลียง (vascular system) ของพืชให้อาศัยในที่สุด ระยะที่ 5 ระยะดูดซึมน้ำและธาตุอาหารจากรากพืชให้อาศัย ระยะที่ 6 ระยะมีการเจริญของปุ่ม (tubercle) ใต้ดิน ซึ่งในระยะนี้จะใช้เวลานานหลายสัปดาห์ใน *Striga* spp. หรือหลายเดือนใน *Orobanche* spp. และระยะที่ 7 ระยะพัฒนาโครงสร้างของดอกชูขึ้นสู่เหนือดิน

7. ประโยชน์ของดอกดิน

ดอกดินนั้น เป็นพืชที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านอาหาร หรือสารสกัดที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยพบว่าสารสกัดจากดอกดินแดง สารสกัดจากเมล็ด และสารสกัดจากทั้งต้นนั้นไม่มีพิษต่อเซลล์ปกติ แต่จะมีพิษต่อเซลล์เนื้องอกโดยตรง โดยสารสกัดจากต้นสามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งได้ และไม่มีผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกัน (เบญจมาศ และวิมลณัฐ, 2546; Auttachoat *et al*., 2004) นอกจากนี้ Parnell (2001, 2008) รายงานการใช้ประโยชน์จากดอกดินสกุล *Aeginetia* 2 ชนิด ว่า *Aeginetia indica* L. นั้นนำมาใช้ในทางสมุนไพร โดยใช้ทั้งต้นมาบดเป็นผงรักษาอาการแผลเปื่อย และยังพบว่าในเกาะนิวกินีมีการนำมาใช้บรรเทาอาการเจ็บหัวเข่า ส่วน *Aeginetia pedunculata* Wall. นำมาใช้เป็นสีผสมอาหารใส่ลงในข้าวและขนมโดยจะให้สีแดงหรือสีชมพู นอกจากนี้ยังพบว่าในจังหวัดลพบุรีมีการนำมาใช้ขับเหงื่อ และ Macias *et al*. (2009) ศึกษาสารสกัดจากเมล็ดของ *Orobanche cumana* ซึ่งเป็นดอกดินชนิดที่เบียนอยู่กับรากของทานตะวัน พบว่า ในขณะที่เมล็ดกำลังงอกอยู่บนรากของทานตะวันนั้น มีการสร้างสาร guaianestrigolactones (GELs.) ซึ่งเป็นสารใหม่ที่ไม่เคยพบในพืชชนิดใดมาก่อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. สารเคมี

1.1 สารเคมีสำหรับศึกษากายวิภาคด้วยวิธีการทางไมโครเทคนิค

1.1.1 Absolute ethanol (C_2H_6O)

1.1.2 Acetic acid ($C_2H_4O_2$)

1.1.3 Chloral hydrate ($C_2H_3Cl_3O_2$)

1.1.4 Diethyl ether ($(C_2H_5)_2O$)

1.1.5 Di-sodium hydrogen orthophosphate ($Na_2HPO_4.12H_2O$)

1.1.6 Ethanol 95%

1.1.7 Fast green FCF

1.1.8 Formaldehyde (CH_2O)

1.1.9 Gelatin

1.1.10 Glycerine

1.1.11 Hydrochloric acid (HCl)

1.1.12 Liquid paraffin

1.1.13 Osmium tetra oxide (OsO_4)

1.1.14 Paraplast

1.1.15 Permount

1.1.16 Phenol crystal (C_6H_5OH)

1.1.17 Potassium hydroxide (KOH)

1.1.18 Safranin T

1.1.19 Sodium dihydrogen orthophosphate ($NaH_2PO_4.2H_2O$)

1.1.20 Sodium hydroxide (NaOH)

1.1.21 Tertiary butyl alcohol ($(CH_3)3C.OH$)

1.1.22 Xylene ($C_6H_4(CH_3)_2$)

1.1.23 น้ำกลั่น

1.1.24 ยาทาเล็บชนิดใส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 สารเคมีสำหรับเพาะเมล็ดในสภาพปลอดเชื้อ

1.2.1 Agar

1.2.2 Ammonium nitrate (NH_4NO_3)

1.2.3 Boric acid (H_3BO_3)

1.2.4 Calcium chloride dihydrate ($CaCl_2.2H_2O$)

1.2.5 Cobalt chloride hexahydrate($CoCl_2.6H_2O$)

1.2.6 Copper sulphate pentahydrate($CuSO_4.5H_2O$)

1.2.7 Disodium ethylenediamine tetraacetic acid (Na_2EDTA)

1.2.8 Ferrus sulphate heptahydrate ($FeSO_4.7H_2O$)

1.2.9 Glycine

1.2.10 Magnesium sulphate heptahydrate ($MgSO_4.7H_2O$)

1.2.11 Manganese sulphate monohydrate ($MnSO_4.H_2O$)

1.2.12 Myo-inositol

1.2.13 Nicotinic acid

1.2.14 Potassium hydrogen phosphate (KH_2PO_4)

1.2.15 Potassium iodide (KI)

1.2.16 Potassium nitrate (KNO_3)

1.2.17 Pyridoxine

1.2.18 Sodium hypochlorite (NaClO)

1.2.19 Sodium Molibdate dihydrate ($Na_2MoO_4.2H_2O$)

1.2.20 Sucrose

1.2.21 Thiamine

1.2.22 Tween-20

1.2.23 Zing sulphate heptahydrate ($ZnSO_4.7H_2O$)

2. อุปกรณ์

2.1 อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่าง

2.1.1 กรรไกรตัดกิ่งไม้

2.1.2 กระดาษหนังสือพิมพ์

2.1.3 ขวดแก้วทรงสูงพร้อมฝาปิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1.4 เชือก

2.1.5 ถุงซิ๊ปพลาสติก

2.1.6 แผงอัดพรรณไม้

2.1.7 เสียมมือ

2.2 อุปกรณ์สำหรับศึกษากายวิภาคด้วยวิธีการทางไมโครเทคนิค

2.2.1 กระจกปิดสไลด์ (cover slip)

2.2.2 กระจกสไลด์ (slide)

2.2.3 กล้องจุลทรรศน์เชิงประกอบชนิดใช้แสง (light compound microscope) บริษัท Olympus รุ่น CH 30 ประเทศญี่ปุ่น

2.2.4 กล้องจุลทรรศน์เชิงประกอบชนิดใช้แสง บริษัท Olympus รุ่น CH 30 RF 200 ประเทศญี่ปุ่น

2.2.5 กล้องจุลทรรศน์เชิงประกอบชนิดใช้แสง บริษัท Zeiss รุ่น Axioskop 2 ประเทศเยอรมนี

2.2.6 กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (sterio microscope) บริษัท Olympus รุ่น SZ 30 ประเทศญี่ปุ่น

2.2.7 กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (sterio microscope) บริษัท Olympus รุ่น SZ 40 ประเทศญี่ปุ่น

2.2.8 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope)

2.2.9 เข็มเขี่ย (needle)

2.2.10 เครื่องฉาบอนุภาคทองคำ

2.2.11 เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 2 ตำแหน่ง (balance) บริษัท Denver Instrument รุ่น TR-403 ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2.12 เครื่องดูดอากาศ (vacuum pump)

2.2.13 เครื่องดูดอากาศชนิดควบคุมอุณหภูมิ (vacuum oven) บริษัท Refco ประเทศสวิตซ์เซอร์แลนด์

2.2.14 เครื่องตัดเนื้อเยื่อ (rotary microtome) บริษัท Leica รุ่น RM 2165 ประเทศเยอรมนี

2.2.15 เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifugator) บริษัท Hettick รุ่น EBA 3S ประเทศเยอรมนี

2.2.16 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) บริษัท Cyberscan รุ่น 510

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2.17 เครื่องอุ่นสไลด์ (slide wormer) บริษัท Medax รุ่น 17801 ประเทศเยอรมนี

2.2.18 เครื่อง critical point dryer

2.2.19 ตู้ดูดควัน (flume hood) บริษัท Turbo de luxe ประเทศอิตาลี

2.2.20 ตู้ดูดความชื้น (incubator)

2.2.21 ตู้อบลมร้อน (hot air oven) บริษัท memmert ประเทศเยอรมนี

2.2.22 เตาไฟฟ้า (hot plate) บริษัท Fisher Scientific ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2.23 ใบมีดโกน

2.2.24 เข้าสำหรับฝังตัวอย่าง

2.2.25 หลอดทดลอง (test tube)

2.2.26 หลอดหยด (dropper)

2.3 อุปกรณ์สำหรับเพาะเมล็ดในสภาพปลอดเชื้อ

2.3.1 ขวดแก้วแช่เครื่องมือ

2.3.2 จานเพาะเชื้อ (petridish)

2.3.3 เครื่องมือผ่าตัด

2.3.4 ตะเกียงแอลกอฮอล์

2.3.5 ตู้ถ่ายเนื้อเยื่อ (laminar air flow) บริษัท Dwyer Instruments ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.3.6 ตู้ถ่ายเนื้อเยื่อ บริษัท Flufrance ประเทศฝรั่งเศส

2.3.7 หม้อนึ่งความดันไอ (autoclave)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. สัณฐานวิทยาและความหลากหลายของดอกดินในประเทศไทย

ศึกษาตัวอย่างพรรณไม้แห้ง (herbarium specimen) และตัวอย่างพรรณไม้ดอง (spirit specimen) ของดอกดินที่พบในประเทศไทยจากพิพิธภัณฑ์พืช ได้แก่ พิพิธภัณฑ์พืชกรุงเทพฯ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (BK) สำนักงานหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (BKF) หอพรรณไม้ สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ องค์การสวนพฤกษศาสตร์ (QBG) หอพรรณไม้ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CMU) หอพรรณไม้ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (KKU) และหอพรรณไม้ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (PSU) จากนั้นจึงออกสำรวจและเก็บตัวอย่างจากแหล่งที่มีรายงานพบในประเทศไทยและบรรยายลักษณะทางสัณฐานที่พบในดอกดินแต่ละชนิด

2. นิเวศวิทยาและการกระจายพันธุ์ของดอกดิน

2.1 นิเวศวิทยาของดอกดิน

2.1.1 การศึกษาถิ่นที่อยู่ (habitat)

2.1.1.1 สำรวจและเก็บตัวอย่างของดอกดินทั่วประเทศ โดยใช้ข้อมูลจากการศึกษาตัวอย่างพรรณไม้แห้งและพรรณไม้ดองในพิพิธภัณฑ์พืชต่างๆ ในประเทศไทย

2.1.1.2 ศึกษาข้อมูลทางด้านภูมิอากาศ และปริมาณน้ำฝน ในบริเวณที่เป็นแหล่งที่อยู่ของดอกดิน โดยอ้างอิงข้อมูลของพื้นที่ที่ศึกษาจากสำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

2.1.1.3 ศึกษาลักษณะภูมิประเทศในบริเวณที่พบดอกดินอาศัยอยู่ โดยอ้างอิงจากแผนที่ และข้อมูลของสถานที่นั้นๆ จากกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1.2 การศึกษาชนิดของพืชให้อาศัย (host)

เก็บตัวอย่างพืชที่ให้อาศัยด้วยการดูจากจุดที่รากเบียนของดอกดินว่าอาศัยอยู่กับรากพืชชนิดใด แล้วก็ขุดจากจุดที่พบไปจนถึงลำต้นของพืชชนิดนั้น โดยเก็บกิ่งที่มีใบ ดอก ผล นำมาตรวจสอบเพื่อระบุชนิด

2.2 การกระจายพันธุ์ของดอกดิน

ศึกษาตัวอย่างพรรณไม้แห้ง (herbarium specimen) และตัวอย่างพรรณไม้ดอง (spirit specimen) ของดอกดินที่พบในประเทศไทยจากพิพิธภัณฑ์พืช จากนั้นจึงออกสำรวจและเก็บตัวอย่างจากแหล่งที่มีรายงานพบในประเทศไทย แล้วนำมาสร้างเป็นแผนที่การกระจายพันธุ์

3. กายวิภาคของดอกดิน

3.1 เก็บตัวอย่างดอกดินทุกส่วน เช่น รากเบียน ลำต้น ก้านดอก ดอก ผล และเมล็ด แล้วนำมาศึกษาด้วยสไลด์ถาวรภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ตามกรรมวิธีพาราฟฟินของ Johansen (1940) และ ประศาสตร์ (2551) ดังนี้

3.1.1 ฆ่าและคงสภาพเนื้อเยื่อใน FAA 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างน้อย 12 ชั่วโมง

3.1.2 ดูดอากาศด้วยเครื่อง vacuum pump ที่ความดัน 25 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

3.1.3 ล้างด้วย ethanol 50 เปอร์เซ็นต์ 3 ครั้งๆ ละอย่างน้อย 3 ชั่วโมง

3.1.4 แช่ใน TBA 50 เปอร์เซ็นต์ นานอย่างน้อย 12 ชั่วโมง

3.1.5 แช่ใน TBA 70 เปอร์เซ็นต์ นานอย่างน้อย 12 ชั่วโมง

3.1.6 แช่ใน TBA 85 เปอร์เซ็นต์ นานอย่างน้อย 12 ชั่วโมง

3.1.7 แช่ใน TBA 95 เปอร์เซ็นต์ นานอย่างน้อย 12 ชั่วโมง

3.1.8 แช่ใน TBA 100 เปอร์เซ็นต์ นานอย่างน้อย 12 ชั่วโมง

3.1.9 แช่ใน pure TBA 3 ครั้งๆ ละอย่างน้อย 12 ชั่วโมง

3.1.10 แช่ใน pure TBA ผสม paraffin oil (liquid) อย่างน้อย 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

3.1.11 แช่ใน paraplast อย่างน้อย 12 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.12 เปลี่ยน paraplast อีก 3 ครั้ง ๆ ละอย่างน้อย 12 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

3.1.13 ทำการ embed ลงในเบ้า ทิ้งไว้ให้เย็น

3.1.14 ตัดแต่งตัวอย่างแล้วติดลงบนแท่งไม้

3.1.15 ตัดตัวอย่างด้วย rotary microtome ที่ความหนา 10-20 ไมครอน

3.1.16 เมาท์ตัวอย่างลงบนสไลด์ด้วย formalin 3 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ Haupt's adhesive เป็นกาวยึด และวางสไลด์บนแท่นอุ่นที่อุณหภูมิ 40-50 องศาเซลเซียส

3.1.17 เก็บสไลด์ไว้ที่อุณหภูมิห้องนานประมาณ 5 วัน

3.1.18 แช่ใน xylene นาน 10 นาที

3.1.19 แช่ใน xylene ผสม absolute ethanol (1:1) นาน 5 นาที

3.1.20 แช่ใน ether ผสม absolute ethanol (1:1) นาน 5 นาที

3.1.21 แช่ใน ethanol 95 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที

3.1.22 แช่ใน ethanol 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที

3.1.23 แช่ใน ethanol 50 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที

3.1.24 แช่ใน ethanol 30 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที

3.1.25 แช่ในสี safranin นาน 5-60 นาที

3.1.26 ล้างสีส่วนเกินด้วยน้ำประปา

3.1.27 แช่ใน ethanol 30 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที

3.1.28 แช่ใน ethanol 50 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที

3.1.29 แช่ใน ethanol 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที

3.1.30 แช่ใน ethanol 95 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที

3.1.31 หยดด้วยสี fast green 1-3 หยด

3.1.32 ล้างด้วย ethanol 95 เปอร์เซ็นต์

3.1.33 ล้างด้วย absolute ethanol

3.1.34 แช่ใน xylene ผสม absolute ethanol (1:1) นาน 5 นาที

3.1.35 แช่ใน xylene นานอย่างน้อย 6 ชั่วโมง

3.1.36 ปิดตัวอย่างด้วย cover glass โดยใช้ permount เป็นตัวยึด

3.1.37 นำไปอบด้วยหลอดไฟจนแห้งสนิท เก็บบรรจุในกล่องเก็บสไลด์

3.1.38 นำไปศึกษาใต้กล้องจุลทรรศน์ บันทึกผลโดยการวิเคราะห์และบรรยายลักษณะที่พบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 ศึกษาลักษณะทางสัณฐานของเมล็ดภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยมีวิธีการดังนี้

3.2.1 นำผลแก่ของดอกดินที่แตกแล้วมาแกว่งในน้ำประปาจนได้เป็น seed suspension

3.2.2 นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 0

3.2.3 นำกระดาษกรองที่มีเมล็ดดอกดินติดอยู่ไปตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้องจนแห้งสนิท

3.2.4 นำเมล็ดที่แห้งสนิทแล้วไปติดบนหมุด (stub) โดยใช้เทปกาว 2 หน้า

3.2.5 ทำการฉาบตัวอย่างด้วยอนุภาคทองคำ

3.2.6 นำไปศึกษาใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด วิเคราะห์และบรรยายลักษณะที่พบ

3.3 ศึกษาสัณฐานของเรณูภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง และภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยเก็บตัวอย่างเรณูจากอับเรณู ของดอกดินแล้วเตรียมสไลด์ถาวรของเรณูโดยมีวิธีการดังนี้

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

3.3.1.1 ตัดอับเรณูของดอกดินในวันแรกที่ดอกบานแล้วคงสภาพใน FAA 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างน้อย 12 ชั่วโมง

3.3.1.2 คงสภาพเนื้อเยื่อซ้ำใน OsO_4 1 เปอร์เซ็นต์ (ใน phosphate buffer) นาน 2 ชั่วโมง

3.3.1.3 ดึงน้ำออกจากเนื้อเยื่อด้วย ethanol 10 30 50 70 95 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขั้นละ 10 นาที

3.3.1.4 แช่ใน absolute ethanol ซ้ำอีกครั้ง นาน 10 นาที

3.3.1.5 แยกตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งเก็บไว้ใช้ศึกษาใช้ศึกษาใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง อีกส่วนหนึ่งนำไปเข้าเครื่อง critical point dryer

3.3.1.6 นำตัวอย่างที่แห้งสนิทดีแล้วมาเขี่ยเรณูออกจากอับเรณูลงบนหมุดที่ติดเทปกาว 2 หน้าไว้ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ

3.3.1.7 ทำการฉาบด้วยอนุภาคทองคำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3.1.8 นำไปศึกษาใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด วิเคราะห์และบรรยายลักษณะที่พบ

3.3.2 การเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

3.3.2.1 นำตัวอย่างที่แยกไว้จากข้อ 4.3.1.5 มาทำการเอาน้ำเข้า (hydration) ด้วย ethanol 95, 70 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

3.3.2.2 ต้มใน KOH 10 เปอร์เซ็นต์ เดือด 3 นาที

3.3.2.3 ล้างในน้ำกลั่น 3 ครั้งๆ ละ 10 นาที

3.3.2.4 ดึงน้ำออกจากเนื้อเยื่อด้วย ethanol 50 70 95 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขั้นละ 10 นาที

3.3.2.5 แช่ใน xylene ผสม absolute ethanol (1:1) นาน 5 นาที

3.3.2.6 แช่ใน xylene นาน 5 นาที

3.3.2.7 เขี่ยเรณูออกจากอับเรณูภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ

3.3.2.8 ปิดตัวอย่างด้วย cover glass โดยใช้ permount เป็นตัวยึด

3.3.2.9 เมื่อสไลด์แห้งดีแล้วนำไปศึกษาใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง บันทึกผลโดยการวิเคราะห์และบรรยายลักษณะที่พบ

3.4 ศึกษาการงอกของเมล็ดดอกดินแดงในสภาพปลอดเชื้อ โดยมีวิธีการดังนี้

3.4.1 ดัดแปลงวิธีการฟอกฆ่าเชื้อจากวิธีการของ ศิวเชษฐ และคณะ (2552) โดยฟอกฆ่าเชื้อเมล็ดดอกดินแดงในสารละลาย sodium hypochlorite 20% + tween-20 3 หยด เป็นเวลา 20 นาที

3.4.2 ล้างในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 3 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที

3.4.3 ย้ายเมล็ดดอกดินแดงที่ฟอกฆ่าเชื้อแล้วลงในอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต แล้วเลี้ยงไว้ในที่มืด

3.4.4 บันทึกผลทุก 2 เดือน เป็นเวลา 6 เดือน โดยการถ่ายภาพใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ แล้วทำการเก็บตัวอย่างทุกครั้งที่เก็บผลแล้วทำการฆ่าและคงสภาพเนื้อเยื่อด้วยน้ำยา FAA

3.4.5 นำมาทำเป็นสไลด์ถาวรเพื่อศึกษาลักษณะทางกายวิภาคด้วยวิธีการทางไมโครเทคนิคตามกรรมวิธีพาราฟฟินของ Johansen (1940) และ ประศาสตร์ (2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.4.6 นำมาศึกษาใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดใช้แสง วิเคราะห์และบรรยายลักษณะที่พบ

4. พัฒนาการและวัฏจักรชีวิตของดอกดิน

4.1 เก็บตัวอย่างดอกดินทุกระยะการเจริญเติบโตที่พบโดยเก็บให้ติดรากพืชที่ให้อาศัยมาด้วย นำมาทำให้คงสภาพเนื้อเยื่อด้วยน้ำยา FAA (formalin acetic acid alcohol)

4.2 เตรียมสไลด์ถาวรของตัวอย่างส่วนต่างๆ ได้แก่ ดอก ก้านดอก และบริเวณเชื่อมต่อระหว่างดอกดินกับรากพืชให้อาศัย ตามกรรมวิธีพาราฟฟิน (Johansen, 1940 และ ประศาสตร์, 2551)

4.3 ศึกษาตัวอย่างใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอและกล้องจุลทรรศน์ชนิดใช้แสง แล้วสร้างเป็นวัฏจักรชีวิต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานที่ทำการศึกษา

1. แหล่งที่มีรายงานพบดอกดินในประเทศไทย

2. พิพิธภัณฑ์พืช ได้แก่ พิพิธภัณฑ์พืชกรุงเทพฯ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (BK) สำนักงานหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (BKF) หอพรรณไม้ สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ องค์การสวนพฤกษศาสตร์ (QBG) หอพรรณไม้ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CMU) หอพรรณไม้ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (KKU) และหอพรรณไม้ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (PSU)

3. ห้องปฏิบัติการวิจัยโครงสร้างพืชและเซลล์วิทยา ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

4. ห้องปฏิบัติการไมโครเทคนิคทางพืช ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

5. ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

6. ห้องกล้องจุลทรรศน์ (Microscopy) ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

7. งานกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ฝ่ายเครื่องมือวิทยาศาสตร์กลาง สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ

ระยะเวลาทำการศึกษา

ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2553 ถึง เดือนมกราคม 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

1. สัณฐานวิทยาและความหลากหลายของดอกดินในประเทศไทย

จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างดอกดินในพื้นที่ที่มีรายงานพบในประเทศไทยร่วมกับการศึกษาพรรณไม้แห้งและพรรณไม้ดองในพิพิธภัณฑ์พืชต่างๆ ทั่วประเทศ พบพืชในวงศ์ดอกดินทั้งหมด 3 ชนิด ใน 2 สกุล ได้แก่

1.1 สกุล *Aeginetia* L. พบ 2 ชนิด คือ

ดอกดินแดง (*A. indica* L.) มีลักษณะทางสัณฐานดังนี้

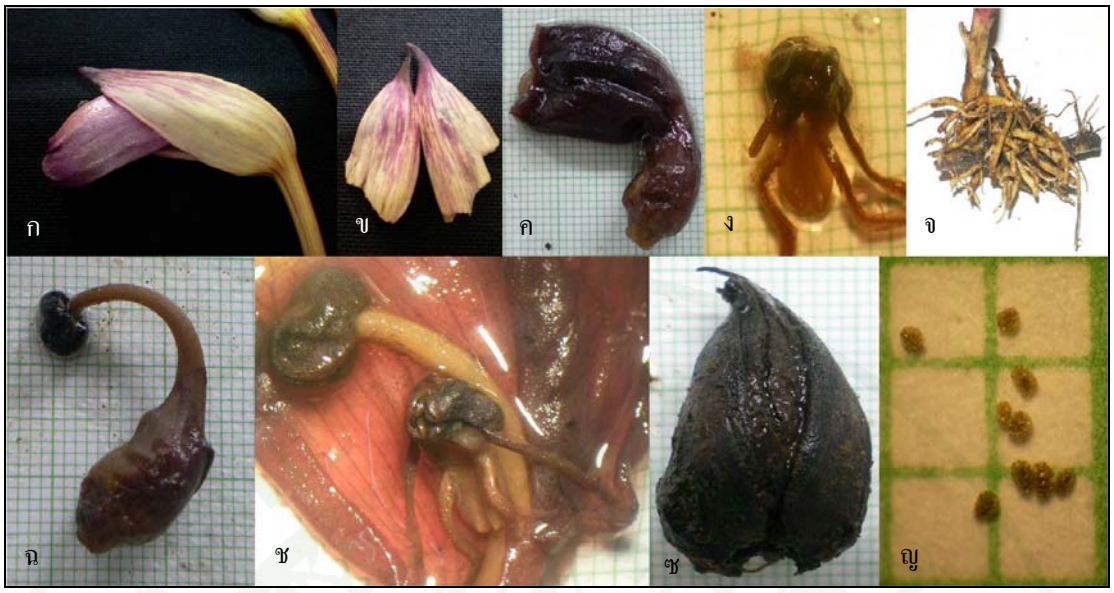
เป็นพืชเบียนรากพืชชนิดอื่น (root parasite) ไม่มีเนื้อไม้ ไม่มีคลอโรฟิลล์ มีปุ่ม (tubercle) เกาะติดอยู่กับรากของพืชให้อาศัย (host) อยู่ใต้ดิน มีรากพิเศษ (adventitious root) เจริญออกจากปุ่มจำนวนมาก ยาวประมาณ 1-2.5 เซนติเมตร ลำต้นสั้นมาก ประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร ไม่มีใบ **ดอก** เป็นดอกเดี่ยว (solitary) มีสมมาตรด้านข้าง (irregular) ก้านดอกโดด (scape) ยาวตั้งแต่ 10-40 เซนติเมตร มีสีค่อนข้างเหลืองหรือสีน้ำตาลแดง พบบ่อยที่มีลายสีแดง เกล็ด (scale) รูปทรงรี (ellipsoid) กลีบเลี้ยง (calyx) มีลักษณะคล้ายกาบ (spathaceous) ยาว 2.5-3.5 เซนติเมตร ปลายตั้ง (erect) หรือโค้งลง (recurved) มีลักษณะมันเงา (glossy) มีสีม่วงหรือค่อนข้างแดง พบน้อยที่มีสีขาว กลีบดอก (corolla) เป็นหลอด ส่วนที่โผล่พ้นกลีบเลี้ยงยาว 2-4 เซนติเมตร ส่วนหลอดกลีบดอกที่ซ่อนอยู่ภายในกลีบเลี้ยงยาว 1.5-2 เซนติเมตร หลอดกลีบดอกมีลักษณะโค้ง ด้านนอกมีสีม่วงไปจนถึงสีน้ำตาลแดง บางครั้งมีสีขาว ส่วนที่ถูกปกปิดอยู่ด้านล่างของหลอดกลีบดอกมีลักษณะเป็นข้องอ (geniculate) โดยเป็นจุดเชื่อมต่อคล้ายลำคอแคบๆ เหนือรังไข่ (ovary) กลีบดอกเป็นรูปปากเปิด (bilabiate) กลีบบน 2 กลีบ กลีบล่าง 3 กลีบ ยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร ถึง 1 เซนติเมตร ลักษณะกลม (rounded) กางออก (spreading) เล็กน้อย มีสีม่วงหรือสีน้ำตาลแดงทั้ง 2 ด้าน บางครั้งด้านนอกอาจมีสีขาว และมีสีม่วงหรือน้ำตาลแดงอยู่ด้านใน ด้านนอกมีลักษณะมันเงา เกสรเพศผู้ (stamen) มีจำนวน 4 อัน ติดอยู่ด้านในหลอดกลีบดอก ไม่มีขน (hairless) เกสรเพศผู้คู่ที่อยู่ด้านล่างมีเดือย (spur) ที่โคน และโป่งข้างเดียว (gibbous) ปลายสุดของเดือยนั้นมีลักษณะเป็นติ่งรูปกรวย (conical) ยื่นออกมา ส่วนเกสรเพศผู้คู่บนนั้นไม่มีเดือยแต่โป่งข้างเดียวเช่นกัน อับเรณูมี 1 ช่องที่สมบูรณ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(perfect) รังไข่ (ovary) มี 2 คาร์เพล ออวุล (ovule) มีจำนวนมาก ก้านเกสรเพศเมีย (style) ยาว โค้ง มีสีเหลืองหรือสีขาวชมพู ยอดเกสรเพศเมีย (stigma) มี 2 พู แบบก้นปิด (peltate) มีสีเหลืองหรือสีขาวชมพู **ผล** แห้งแตกกลางพู (loculicidal capsule) โดยการเปื่อยของผนัง ยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร **เมล็ด** ขนาดเล็กจำนวนมาก (ภาพที่ 11-12)

ภาพที่ 11 ดอกดินแดง (*A. indica* L.)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



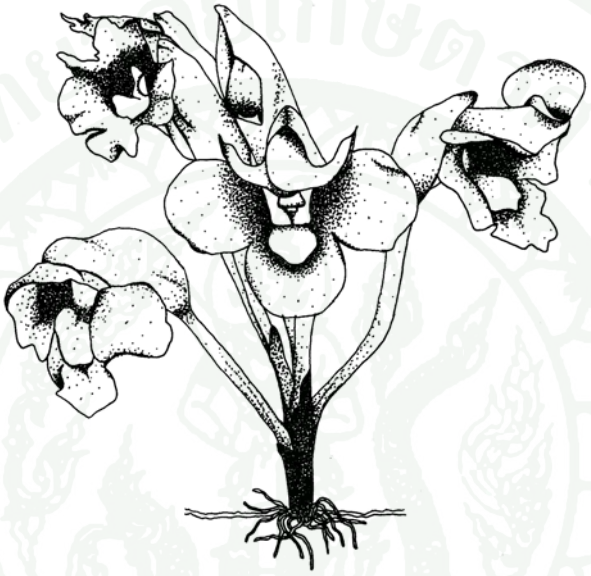
ภาพที่ 12 ลักษณะทางสัณฐานของส่วนต่างๆ ของดอกดินแดง, (ก) ดอก; (ข) กลีบเลี้ยง; (ค) กลีบดอก; (ง) เกสรเพศผู้; (จ) tubercle; (ฉ) เกสรเพศเมีย; (ช) ลักษณะการติดของเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียภายในดอก; (ซ) ผล; (ญ) เมล็ด

เอื้องดิน (*A. pedunculata* Wall.) มีลักษณะทางสัณฐานดังนี้

เป็นพืชเบียนรากพืชชนิดอื่น ไม่มีเนื้อไม้ ไม่มีคลอโรฟิลล์ มีปุ่ม (tubercle) เกาะติดอยู่กับรากของพืชให้อาศัยอยู่ใต้ดิน มีรากพิเศษเจริญออกจากปุ่มจำนวนมาก ยาวประมาณ 1-2 เซนติเมตร ลำต้นสั้นมาก ประมาณ 1 เซนติเมตร ไม่มีใบ **ดอก** ออกเป็นกลุ่ม (clustered) แต่บางครั้งอาจเป็นดอกเดี่ยว ก้านดอกโดด ดอกมีสมมาตรด้านข้าง ส่วนมากมักแตกกิ่ง (branched) มีความสูงไม่เกิน 10 เซนติเมตร มีสีแดง เกล็ดรูปทรงรี กลีบเลี้ยงมีลักษณะคล้ายกาบ ยาวประมาณ 4 เซนติเมตร สีเหลือง ที่บริเวณปลายเป็นติ่งแหลมอ่อน (apiculate) และในบางครั้งอาจโค้งลงเป็นมันเงา กลีบดอกเป็นหลอดรูปปากเปิด กลีบบน 2 กลีบ กลีบล่าง 3 กลีบ ยาวประมาณ 5-7 เซนติเมตร ส่วนของหลอดกลีบดอกที่ซ่อนอยู่ภายในกลีบเลี้ยงยาวประมาณ 2.5-3 เซนติเมตร หลอดกลีบดอกมีลักษณะโค้งโดยตลอด ตัวหลอดมีสีขาว ส่วนปลายสุดของดอกที่แยกออกเป็นแฉกมีสีม่วง บริเวณจุดศูนย์กลางของกลีบล่างมีสีเหลือง แฉกกลีบดอกยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร มีลักษณะกลมหรือมีรูปร่างคล้ายสามเหลี่ยม (deltoid) กางออก ขอบด้านนอกโค้งขึ้น (upcurved) บางครั้งอาจเป็นหยักซี่ฟันถี่ (denticulate) เกสรเพศผู้มีจำนวน 4 อัน ติดอยู่ด้านในหลอดกลีบดอกลึกลงไปด้านในประมาณ 2 ใน 3 ส่วน ของหลอดกลีบดอก จุดที่เกสรเพศผู้ติดกับหลอดกลีบดอกนั้นมีขนเป็นกระจุก (tuft)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เกสรเพศผู้คู่ที่อยู่ด้านล่างมีเดือยที่โคนและโป่งข้างเดียว ปลายสุดของเดือยนั้นมีลักษณะเป็นติ่งรูปกรวยยื่นออกมา ส่วนเกสรเพศผู้คู่บนนั้นไม่มีเดือยแต่โป่งข้างเดียวเช่นกัน อับเรณูมี 1 ช่องที่สมบูรณ์ รังไข่มี 2 คาร์เพล ออวุลมีจำนวนมาก ก้านเกสรเพศเมียยาว โค้ง ยอดเกสรเพศเมียมี 2 พู แบบก้นปิด **ผล** แห้งแตกกลางพูโดยการเปื่อยของผนัง **เมล็ด** ขนาดเล็กจำนวนมาก (ภาพที่ 13-14)



ภาพที่ 13 เอื้องดิน (*A. pedunculata* Wall.)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 14 ลักษณะทางสัณฐานของส่วนต่างๆ ของเอื้องดิน, (ก) กลีบดอกระยะดอกบาน; (ข) กลีบเลี้ยง; (ค) กลีบดอกระยะดอกตูม; (ง) เกสรเพศเมีย; (จ) การเรียงตัวของเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมีย

1.2 สกุล *Christisonia* Gardner พบ 1 ชนิด คือ

ว่านดอกสามสี (*C. siamensis* Craib) มีลักษณะทางสัณฐานดังนี้

เป็นพืชเบียนรากพืชชนิดอื่น ไม่มีเนื้อไม้ ไม่มีคลอโรฟิลล์ มีปุ่ม (tubercle) เกาะติดอยู่กับรากของพืชให้อาศัยอยู่ใต้ดิน มีรากพิเศษเจริญออกจากปุ่มจำนวนมาก ยาวประมาณ 1-2 เซนติเมตร เจริญในช่วงแรกที่ยังเป็นต้นอ่อนอยู่ใต้ดิน โดยต้นอ่อนนี้จะมีเมือกจำนวนมากปกคลุมไว้ เมื่อเจริญเต็มที่แล้ว รากพิเศษเหล่านี้จะหายไป ลำต้นสั้น เจริญอยู่ใต้ดิน มีความยาวเท่ากับส่วนของดอกที่โผล่พ้นดินหรืออาจจะยาวกว่าเล็กน้อย เมื่อโตเต็มที่ ส่วนที่เป็นปุ่มจะพัฒนาไปเป็นลำต้น แล้วเจริญห่อหุ้มส่วนของรากพืชที่ให้อาศัยไว้ ไม่มีใบ **ดอก** เป็นดอกเดี่ยวขนาดใหญ่ มีก้านดอกสั้นมาก ดอกมีสมมาตรด้านข้าง กลีบเลี้ยงมีลักษณะเป็นหลอดยาวประมาณ 3 เซนติเมตร มี 5 แฉก หรือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นหยักซี่ฟัน (toothed) ปลายหยักแหลมของกลีบเลี้ยงอาจมีขนาดเท่ากัน หรือเป็นรูปปากเปิดก็ได้ ยาวประมาณ 3-6 มิลลิเมตร มีสีเหลืองหรือสีม่วงเข้ม กลีบดอกเป็นหลอดรูปปากเปิด กลีบบน 2 กลีบ กลีบล่าง 3 กลีบ ยาวประมาณ 5-7 เซนติเมตร มีลักษณะคล้ายรูประฆัง (campanulate) ค่อนข้างโค้ง ด้านนอกของหลอดกลีบดอกมีสีขาว บางครั้งอาจแต้มด้วยสีม่วง ส่วนที่เป็นแฉกยาวประมาณ 1 เซนติเมตร มีสีน้ำเงินอ่อนหรือสีม่วง บางครั้งอาจพบมีสีขาวหรือสีขาวอมเหลือง มีรอยแต้มสีเหลืองบริเวณจุดกึ่งกลางของกลีบล่าง เกสรเพศผู้มีจำนวน 4 อัน ติดอยู่ด้านในหลอดกลีบดอก จุดที่เกสรเพศผู้ติดกับหลอดกลีบดอกนั้นมีขนเป็นกระจุก (tuft) เกสรเพศผู้คู่ที่อยู่ด้านล่างมีเดือยที่โคนและโป่งข้างเดียว ปลายสุดของเดือยนั้นมีลักษณะเป็นติ่งรูปกรวยยื่นออกมา ส่วนเกสรเพศผู้คู่บนนั้นไม่มีเดือยแต่โป่งข้างเดียวเช่นกัน ก้านชูอับเรณู (filament) มีสีเหลือง อับเรณูมี 1 ช่องที่สมบูรณ์ รังไข่มี 2 คาร์เพล ออวุลมีจำนวนมาก ก้านเกสรเพศเมียยาว ยอดเกสรเพศเมียมี 2 พู แบบก้นปิด **ผล** แห้งแตกกลางพู มี 2 ฝาเปิด (bivalved) **เมล็ด** ขนาดเล็กจำนวนมาก (ภาพที่ 15-16)

ภาพที่ 15 ว่านดอกสามสี (*C. siamensis* Craib)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 16 ลักษณะทางสัณฐานของส่วนต่างๆ ของว่านดอกสามสี, (ก) กลีบดอก; (ข) การเรียงตัวของกลีบดอกและกลีบเลี้ยงในระยะที่ดอกยังไม่บาน; (ค) กลีบเลี้ยง; (ง) การเรียงตัวของเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียด้านข้าง; (จ) การเรียงตัวของเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียด้านหน้า; (ฉ) ผล

2. นิเวศวิทยาและการกระจายพันธุ์ของดอกดินในประเทศไทย

2.1 นิเวศวิทยาของดอกดินในประเทศไทย

2.1.1 ดอกดินแดงและชนิดพืชให้อาศัย

พบดอกดินแดง (ภาพที่ 17ก) ในป่าดิบแล้งและป่าเต็งรัง (ภาพที่ 18ก) บางครั้งอาจพบได้ตามข้างทางบริเวณเขาหินปูน พบได้ทุกระดับความสูงตั้งแต่ 0 – 1,800 เมตร จากระดับน้ำทะเล ออกดอกในช่วงเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนกันยายน ในช่วงเวลาดังกล่าว มีปริมาณฝนตกชุก โดยในเดือนสิงหาคม มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของสถานที่ที่พบสูงสุด 337.84 มิลลิเมตร (ภาพที่ 19) และจะติดผลในช่วงเดือนตุลาคม ถึงเดือนพฤศจิกายน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดอกดินแดงมีความสามารถเบียนรากของพืชอื่นได้หลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นไม้ต้น ไม้ล้มลุก หรือแม้แต่ไม้เลื้อย จากการศึกษาพบพืชให้อาศัยของดอกดินแดงในสภาพธรรมชาติ 10 ชนิด ใน 7 วงศ์ สามารถระบุชนิดได้ 8 ชนิด และไม่สามารถระบุชนิดได้ 2 ชนิด ดังนี้ วงศ์ตีนเป็ด (Apocynaceae) พบ 1 ชนิด คือ ไส้ตัน (*Aganosma marginata* (Roxb.) G. Don) วงศ์มังคุด (Clusiaceae) พบ 1 ชนิด คือ ติ้ว (*Cratoxylum formosum* (Jack) Dyer) วงศ์กลอย (Dioscoreaceae) พบ 4 ชนิด คือ มันกะตาด (*Dioscorea birmanica* Prain & Burkill), มันนก (*D. hamiltonii* Hook.f.), มันดำ (*D. kratica* Prain & Burkill) และกลอย (*D. hispida* Dennst.) วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) พบ 1 ชนิด คือ เต็ง (*Shorea obtusa* Wall.) วงศ์หญ้า (Poaceae) พบ 1 ชนิด คือ หญ้าเพ็ก (*Vietnamosasa pusilla* (A. Chev. & A. Camus) T.Q. Nguyen) วงศ์เหมือด (Symplocaceae) พบ 1 ชนิด คือ เหมือด (*Symplocos* sp.) และวงศ์ขิง (Zingiberaceae) พบ 1 ชนิด คือ เข้าพรรษา (*Globba* sp.)

2.1.2 เอื้องดินและชนิดพืชให้อาศัย

พบเอื้องดิน (ภาพที่ 17ข) ในบริเวณทุ่งหญ้า (ภาพที่ 18ข) ที่ระดับความสูงตั้งแต่ 50 – 1,000 เมตร จากระดับน้ำทะเล ออกดอกในช่วงเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน โดยในเดือนสิงหาคม มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของสถานที่ที่พบสูงสุด 313.45 มิลลิเมตร (ภาพที่ 19)

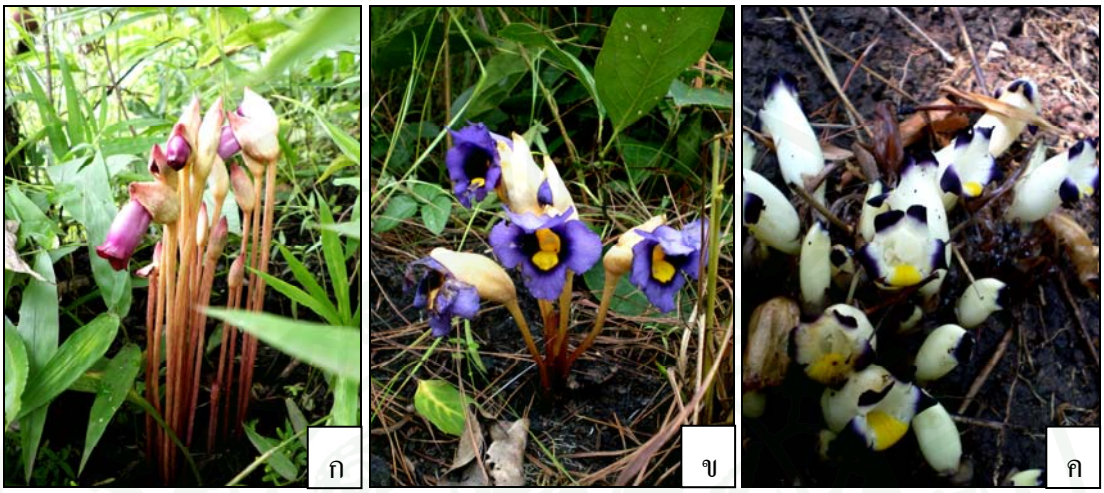
เอื้องดินมีความสามารถเบียนรากของพืชอื่นได้จำกัด โดยส่วนใหญ่มักเป็นพืชล้มลุก จากการศึกษาพบพืชให้อาศัยของเอื้องดินในสภาพธรรมชาติเพียง 1 วงศ์ ได้แก่ วงศ์หญ้า จำนวน 3 ชนิด คือ หญ้าขนปุ้ง (*Apocopis courtallumensis* (Steud.) Henrard), หญ้าข้าวป่า (*Mnesithea glandulosa* (Trin.) de Koning & Sosef) และหญ้านมหนอน (*Paspalum orbiculare* G. Forst.)

2.1.3 ว่านดอกสามสีและชนิดพืชให้อาศัย

พบว่านดอกสามสี (ภาพที่ 17ค) ในป่าไผ่เท่านั้น (ภาพที่ 18ค) ซึ่งสามารถพบได้ที่ระดับความสูงตั้งแต่ 300-800 เมตร จากระดับน้ำทะเล ออกดอกในช่วงเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน โดยในเดือนสิงหาคม มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของสถานที่ที่พบสูงสุด 282.43 มิลลิเมตร (ภาพที่ 19)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

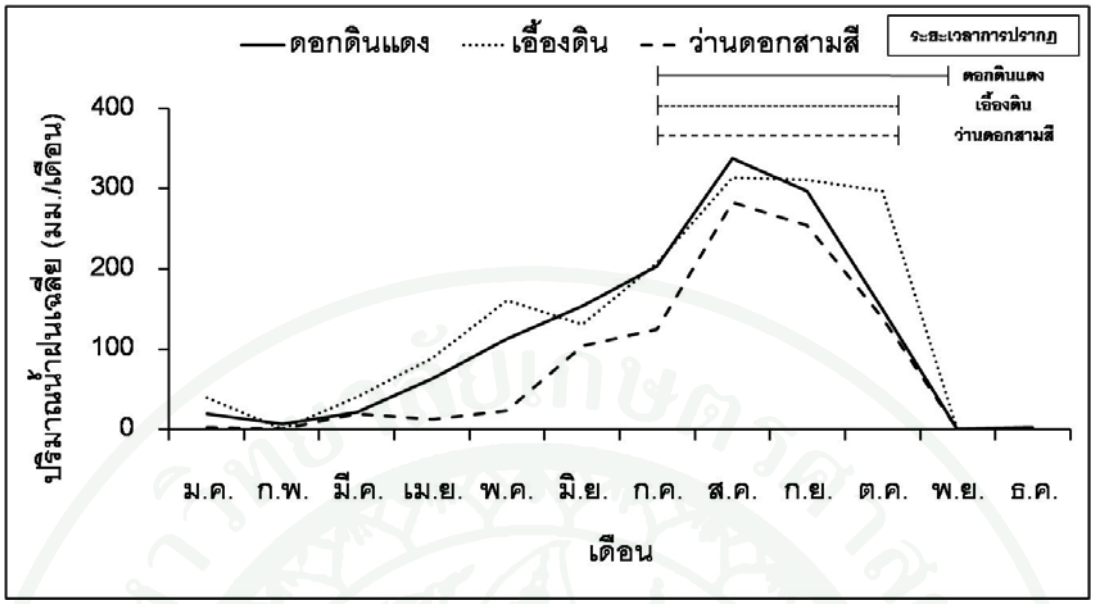
ว่านดอกสามสีมีความสามารถเบียนรากของพืชอื่นได้เฉพาะเจาะจงมาก โดยจากการศึกษาพบพืชให้อาศัยของว่านดอกสามสีในสภาพธรรมชาติเพียง 1 วงศ์ ได้แก่ วงศ์หญ้า จำนวน 1 ชนิดเท่านั้น คือ ไผ่ข้าวหลาม (*Cephalostachyum pergracile* Munro)



ภาพที่ 17 ดอกดินในสภาพธรรมชาติ, (ก) ดอกดินแดง; (ข) เอื้องดิน; (ค) ว่านดอกสามสี

ภาพที่ 18 สภาพธรรมชาติที่พบดอกดินแดง (ก) เอื้องดิน (ข) และว่านดอกสามสี (ค)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 19 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของสถานที่ที่พบและระยะเวลาการปรากฏของดอกดินทั้ง 3 ชนิด ในรอบปี

2.2 การกระจายพันธุ์ของดอกดินในประเทศไทย

2.2.1 ดอกดินแดง

จากการศึกษา พบว่าดอกดินแดงสามารถขึ้นได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ภาคเหนือ พบมากที่สุดที่จังหวัดเชียงใหม่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบมากที่สุดที่จังหวัดอุบลราชธานี ภาคกลาง พบมากที่สุดที่จังหวัดสระบุรี ภาคตะวันตก พบมากที่สุดที่จังหวัดกาญจนบุรี ภาคตะวันออก พบมากที่สุดที่จังหวัดจันทบุรี และจังหวัดระยอง ในส่วนของภาคใต้ มีรายงานพบเฉพาะบริเวณภาคใต้ตอนบนที่จังหวัดชุมพร และจังหวัดพังงาเท่านั้น บริเวณที่มีการกระจายพันธุ์หนาแน่นมากที่สุด ได้แก่ บริเวณภาคเหนือตอนบน (ภาพที่ 20ก)

2.2.2 เอื้องดิน

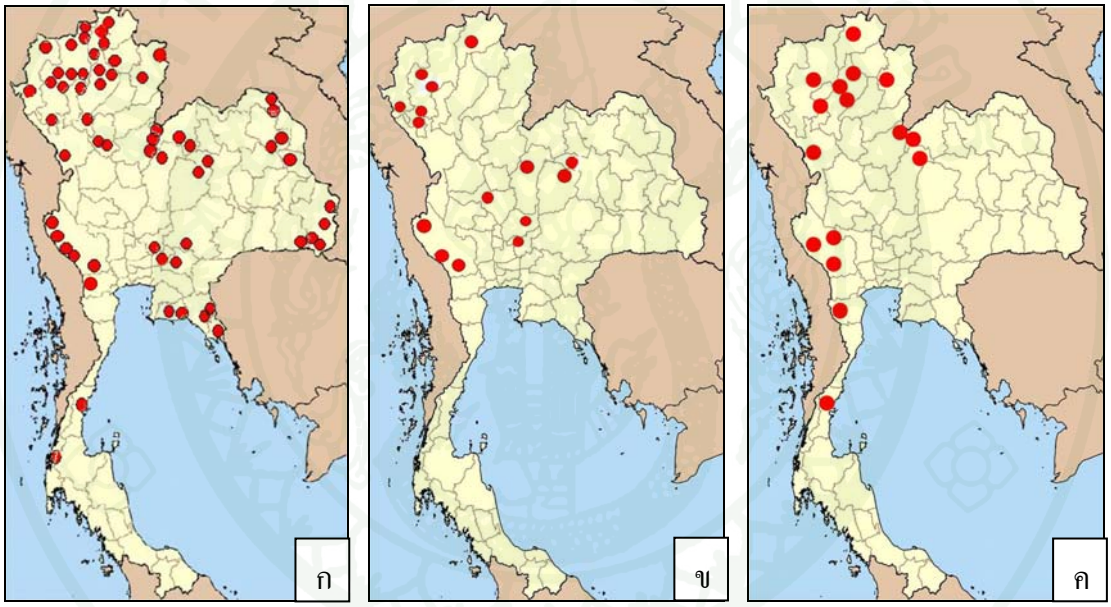
จากการศึกษา พบเอื้องดินบริเวณภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันตก และทางฝั่งตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือเท่านั้น ไม่มีรายงานพบในภาคตะวันออก และภาคใต้ ในส่วนของภาคเหนือ พบมากที่สุดที่จังหวัดเชียงใหม่ ภาคตะวันตกพบมากที่สุดที่จังหวัดกาญจนบุรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคกลาง พบมากที่สุดที่จังหวัดลพบุรี ในส่วนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบที่จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดชัยภูมิเท่านั้น (ภาพที่ 20ข)

2.2.3 ว่านดอกสามสี

จากการศึกษา พบว่านดอกสามสีบริเวณภาคเหนือ ซึ่งพบมากที่สุดที่จังหวัดลำปาง ภาคตะวันตก พบมากที่สุดที่จังหวัดเพชรบุรี ในส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบเฉพาะที่จังหวัดเลย ภาคกลาง พบเฉพาะที่จังหวัดเพชรบูรณ์ และภาคใต้พบเฉพาะที่จังหวัดชุมพรเท่านั้น ไม่มีรายงานพบในภาคตะวันออก (ภาพที่ 20ค)



ภาพที่ 20 การกระจายพันธุ์ของดอกดินแดง (ก) เอื้องดิน (ข) และว่านดอกสามสี (ค) ในประเทศไทย

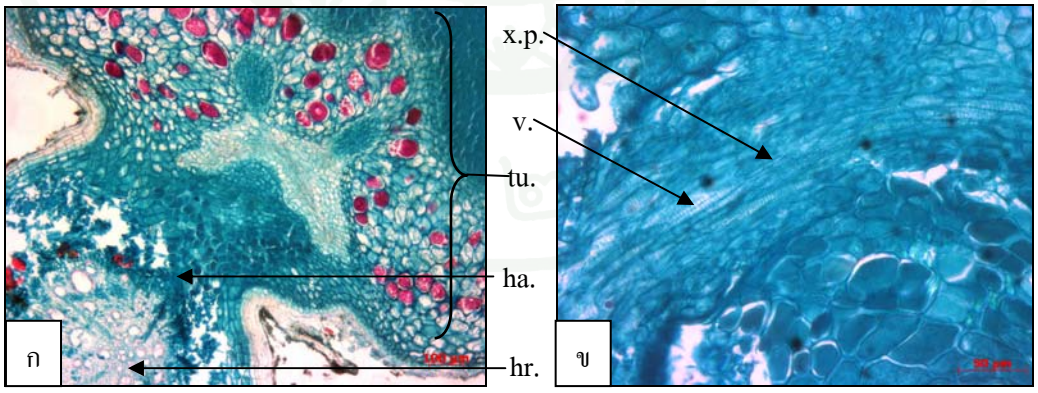
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. กายวิภาคของดอกดินในประเทศไทย

3.1 ดอกดินแดง

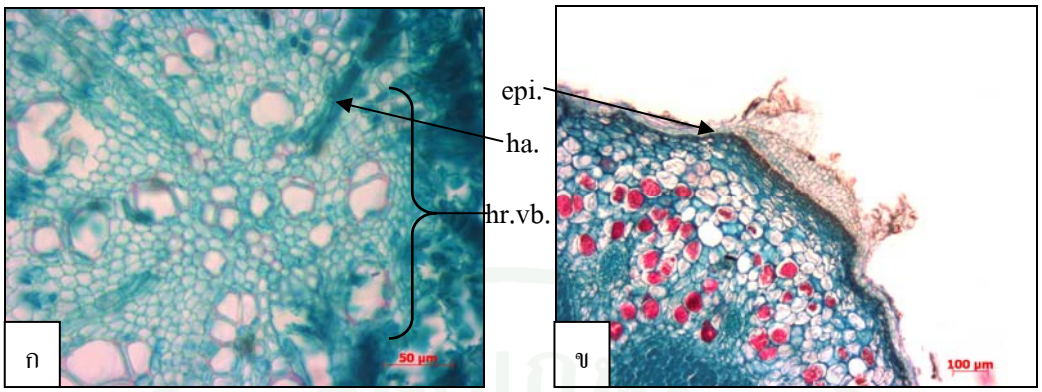
3.1.1 รากเบียน (haustorium)

รากเบียนของดอกดินแดง เป็นส่วนที่เชื่อมระหว่างโครงสร้างใหญ่ๆ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของ tubercle และรากพืชให้อาศัย (host root) (ภาพที่ 21ก) โดยรากเบียนของดอกดินแดงนั้นประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา (parenchyma) และเวสเซล (vessel) โดยเวสเซลที่พบนั้นเป็นแบบ spiral และ reticulate (ภาพที่ 21ข) รากเบียนของดอกดินแดงนั้นจะเจริญยืดยาวจากทุกทิศทางเข้าสู่มัดท่อลำเลียง (vascular bundle) ของรากพืชให้อาศัยเพื่อดูดซึมน้ำและธาตุอาหารเพื่อใช้ในการดำรงชีพ (ภาพที่ 22ก) ที่บริเวณเนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis) ของ tubercle ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา 3 ชั้นเซลล์ โดยผนังด้านนอกของเซลล์ที่อยู่ชั้นนอกสุดพบว่ามีสารคิวทิน (cutin) มาสะสมทำให้มีผนังหนา ในขณะเดียวกัน ก็พบว่ามีการแบ่งเซลล์ของเนื้อเยื่อชั้นผิว ทำให้มีลักษณะนูนออกมาประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาตั้งแต่ 7 ชั้นเซลล์ขึ้นไป ซึ่งจะพัฒนาไปเป็นรากพิเศษ (adventitious root) เพื่อค้ำจุนโครงสร้างและเพิ่มขีดความสามารถในการลำเลียงน้ำ (ภาพที่ 22ข) ถัดเข้ามาจากเนื้อเยื่อชั้นผิว ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่เก็บสะสมสาร secondary metabolite (ภาพที่ 23ก) ส่วนบริเวณกึ่งกลางของ tubercle นั้นประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่มีลักษณะเฉพาะ (specific parenchyma) (ภาพที่ 23ข)

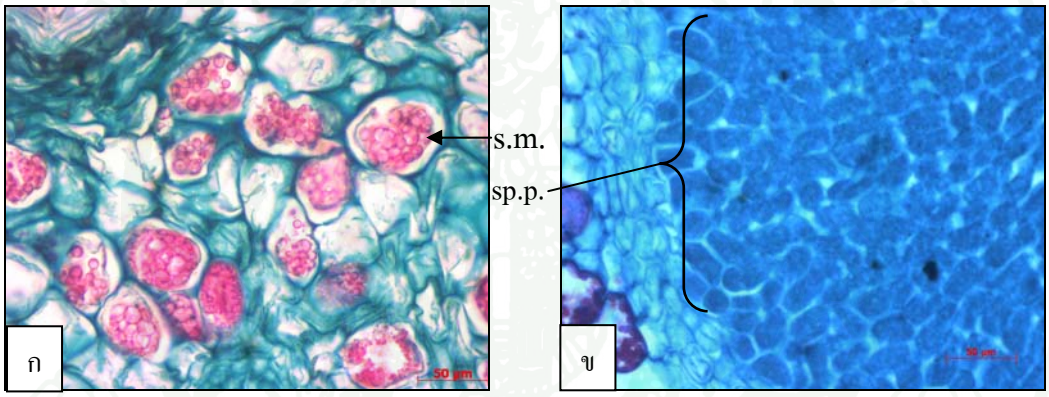


ภาพที่ 21 รากเบียนของดอกดินแดง, tu. = tubercle; ha. = haustorium; hr. = host root; v. = vessel; x.p. = xylem parenchyma

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 22 การเจริญของรากเบียน (ก) และเนื้อเยื่อชั้นผิวของ tubercle (ข), ha. = haustorium; hr.vb. = host root vascular bundle; epi. = epidermis

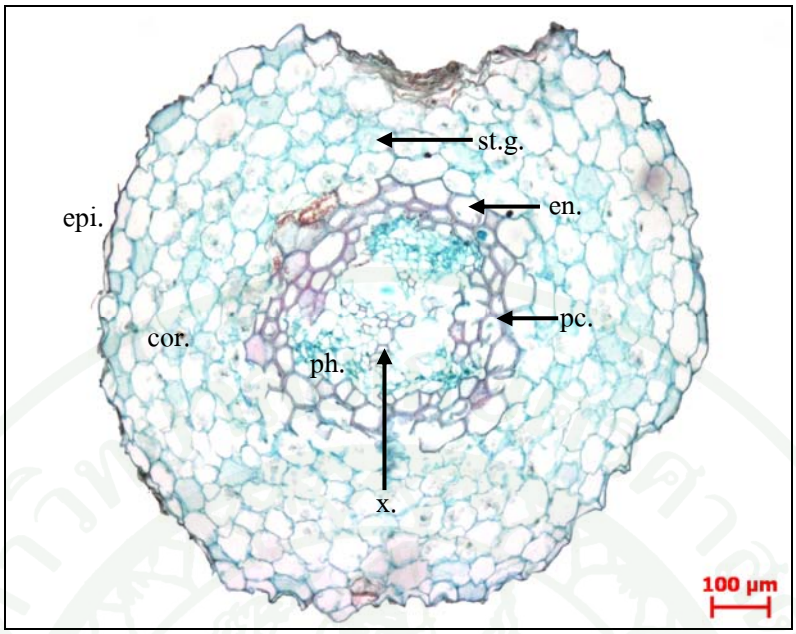


ภาพที่ 23 สาร secondary metabolite ที่สะสมอยู่ในเซลล์ (ก) และเซลล์พาเรงคิมาที่มีลักษณะเฉพาะใน tubercle ของดอกดินแดง (ข), s.m. = secondary metabolite; sp.p. = specific perenchyma

3.1.2 รากพิเศษ (adventitious root)

รากพิเศษของดอกดินแดงเจริญมาจาก tubercle มีขนาดเล็ก จำนวนมาก เมื่อตัดตามขวาง พบว่า เยื่อเยื่อชั้นผิวมีเซลล์พาเรงคิมาเรียงตัวกัน 1 ชั้นเซลล์ และมีผนังหนาด้านนอก ถัดเข้ามาเป็นชั้นคอร์เท็กส์ที่ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาทั้งหมด และยังพบเม็ดแป้งสะสมอยู่ภายในชั้นคอร์เท็กส์ด้วย ถัดเข้ามาเป็นชั้น endodermis ที่มีจำนวน 1 ชั้นเซลล์ มีชั้น pericycle 1-3 ชั้นเซลล์ เป็นเซลล์ผนังหนา ตรงกลางคือมัดท่อลำเลียงโดยพบไซเล็มเรียงตัวเป็นแฉก 4 แฉก อยู่บริเวณใจกลางราก และพบโฟลเอ็มอยู่ระหว่างแฉกของไซเล็ม (ภาพที่ 24)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

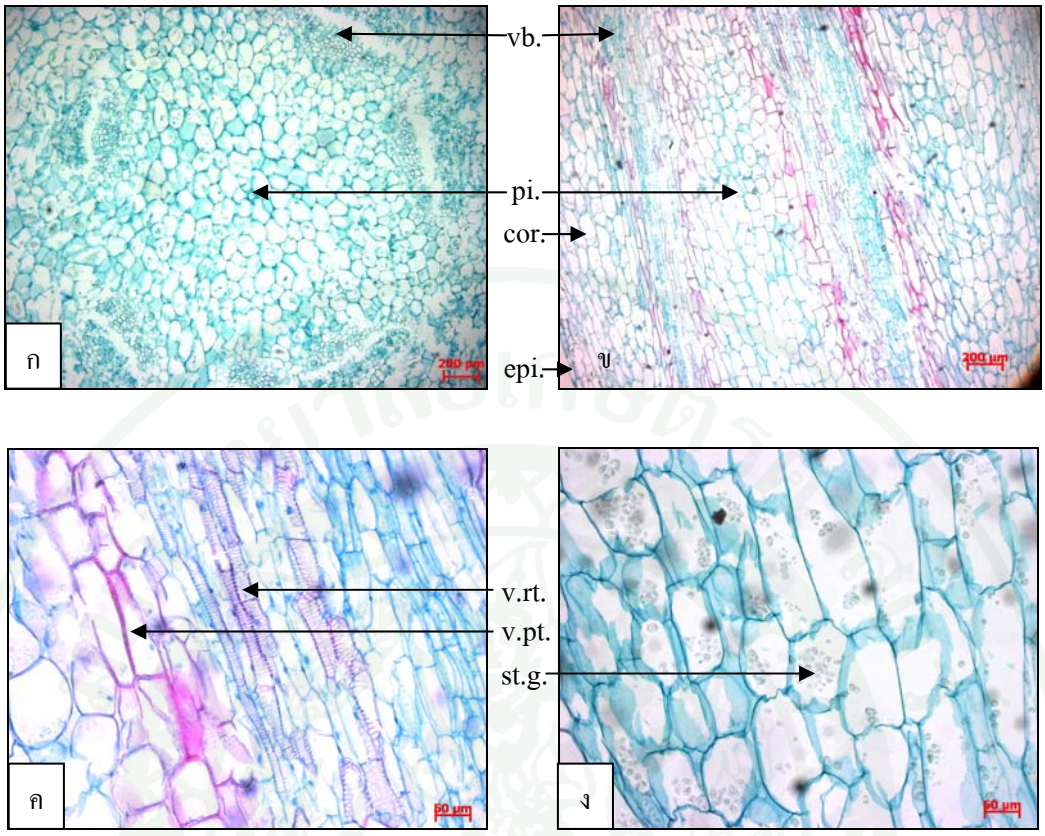


ภาพที่ 24 รากพิเศษดอกดินแดงตัดตามขวาง, epi. = epidermis; cor. = cortex; en. = endodermis; pc.= pericycle; ph. = phloem; x. = xylem; st.g. = starch grain

4.1.3 ลำต้น (stem)

ดอกดินแดงมีลำต้นสั้นถึงสั้นมาก เมื่อตัดเนื้อเยื่อตามขวางและตามยาวพบว่าเนื้อเยื่อชั้นผิวประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาเรียงตัวกัน 4-5 ชั้นเซลล์ ถัดเข้ามาเป็นชั้นคอร์เท็กซ์ที่ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่เรียงตัวอัดกันแน่นและมีรูปร่างไม่แน่นอน นอกจากนี้ยังพบว่ามีการสะสมเม็ดแป้งภายในชั้นคอร์เท็กซ์ด้วย สตีล (stele) เป็นแบบ eustele และมีการเรียงตัวของโฟลเอ็ม (phloem) และไซเล็ม (xylem) เป็นแบบ collateral bundle มัดท่อลำเลียงที่มีเวสเซล 2 แบบ คือ แบบ reticulate และแบบ pitted ไส้ (pith) ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาขนาดใหญ่รูปร่างหลายเหลี่ยมจนเกือบกลม (ภาพที่ 25ก-ง)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

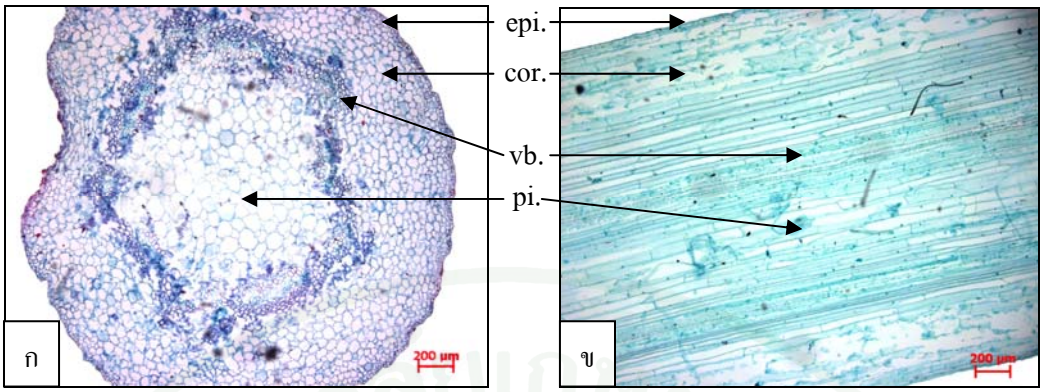


ภาพที่ 25 ลำต้นดอกดินแดงตัดตามขวางและตามยาว, cor. = cortex; epi. = epidermis; pi. = pith; st.g. = starch grain; vb. = vascular bundle; v.pt. = vessel pitted type; v.rt. = vessel reticulate type

3.1.4 ก้านดอก (peduncle)

เมื่อตัดก้านดอกดินแดงตามขวางและตามยาวพบว่า เนื้อเยื่อชั้นผิวประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาเรียงตัวกัน 1 ชั้นเซลล์ โดยมีสารคิวทินเคลือบอยู่ด้านนอกสุด ถัดเข้ามาเป็นชั้นคอร์เท็กซ์ที่ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่เรียงตัวอัดกันแน่นและมีรูปร่างไม่แน่นอน สตีล (stele) เป็นแบบ eustele และมีการเรียงตัวของโฟลเอ็มและไซเล็มเป็นแบบ collateral bundle เวสเซลเป็นแบบ annular และ spiral ไส้ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาขนาดใหญ่ที่เรียงตัวกันอย่างหลวมๆ รูปร่างหลายเหลี่ยมจนเกือบกลม (ภาพที่ 26ก-ข)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

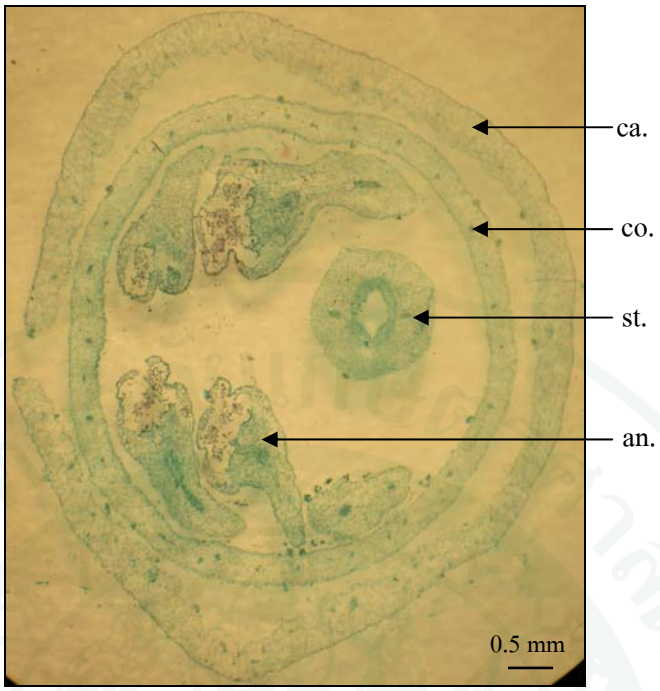


ภาพที่ 26 ก้านดอกดอกดินแดงตัดตามขวาง (ก) และตามยาว (ข), epi. = epidermis; cor. = cortex; vb. = vascular bundle; pi. = pith

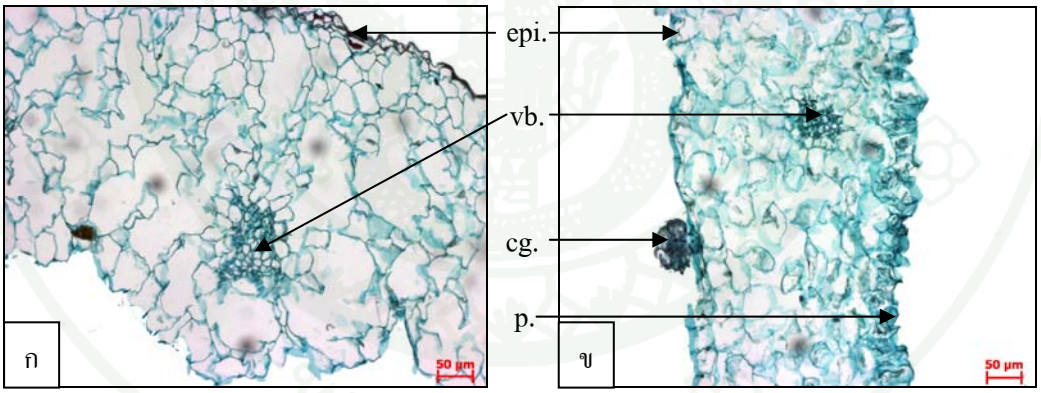
3.1.5 ดอก (flower)

จากการศึกษากายวิภาคของดอกดอกดินแดงตัดตามขวาง (ภาพที่ 27) พบการเรียงตัวของวงกลีบดอกตามแบบอสมมาตร (irregular flower) โดยชั้นนอกสุดเป็นกลีบเลี้ยง (calyx) ถัดมาคือกลีบดอก (corolla) เกสรเพศเมีย (pistil) เกสรเพศผู้ (stamen) กลีบเลี้ยงประกอบไปด้วยเซลล์แอเรงคิมา (aerenchyma) ที่เรียงตัวกันอย่างหลวมๆ เนื้อเยื่อชั้นผิวมี 1 ชั้นเซลล์ ที่ผนังด้านนอกมีสารคิวทินเคลือบไว้ มัดท่อลำเลียงประกอบไปด้วยไซเล็มและโฟลเอ็มที่เรียงตัวเป็นกลุ่มเห็นชัดเจน (ภาพที่ 28ก) กลีบดอกมี capitate gland ที่ผลิตสารเมือก (mucilage-secreting) ที่เนื้อเยื่อชั้นผิวด้านนอก ถัดเข้ามาพบเซลล์พาเรงคิมาเรียงตัวกันอย่างหลวมๆ ชั้นที่อยู่ด้านในสุดคือเซลล์ papillae เรียงตัวกัน 1 ชั้นเซลล์ นอกจากนี้ยังพบมัดท่อลำเลียงแทรกอยู่ระหว่างเซลล์พาเรงคิมาด้วย (ภาพที่ 28ข) ก้านเกสรเพศเมียประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาทั้งหมด มีมัดท่อลำเลียงแทรกอยู่ 2 กลุ่ม ซ้ายและขวา ตรงกลางเป็น stylar canal ที่มีลักษณะเป็นท่อกลวง ส่วนเนื้อเยื่อที่หันออกสู่ stylar canal คือเนื้อเยื่อ pollen transmitting tissue ซึ่งทำหน้าที่เป็นทางผ่านและแหล่งอาหารของหลอดเรณู (pollen tube) (ภาพที่ 29ก) อับเรณูมี 4 อัน ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา ชั้นนอกสุดเป็นเนื้อเยื่อชั้นผิวเรียงตัว 1 ชั้นเซลล์ ชั้นในสุดคือ tapetum ถัดมาคือ pollen sac ที่บรรจุไปด้วยเรณูจำนวนมาก โดย stomium จะแตกออกเพียง 1 ด้านเท่านั้น (ภาพที่ 29ข)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

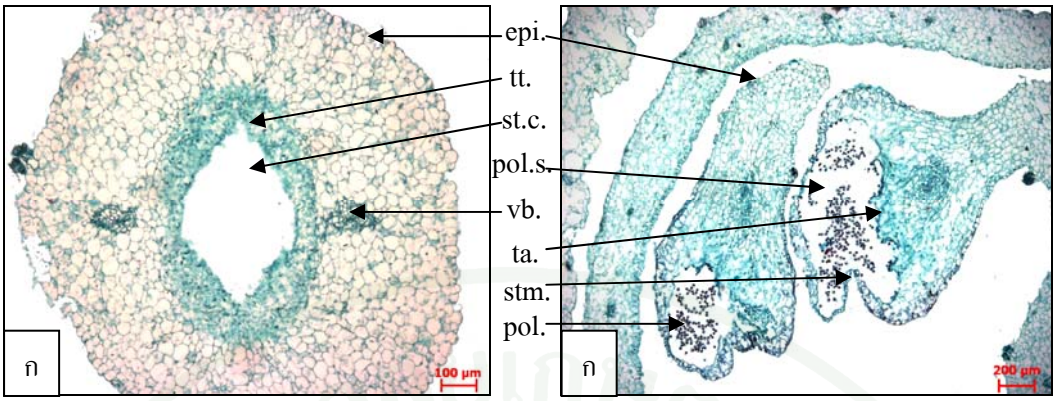


ภาพที่ 27 ดอกดินแดงตัดตามขวาง, st. = style; co. = corolla; ca. = calyx; an. = anther



ภาพที่ 28 กลีบเลี้ยง (ก) และกลีบดอก (ข) ของดอกดินแดง, vb. = vascular bundle; epi. = epidermis; cg. = capitate gland; p. = papillae

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

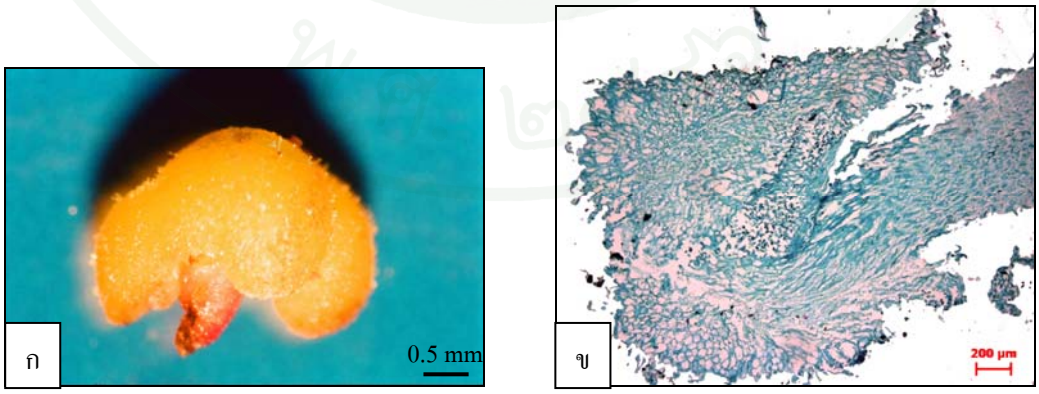


ภาพที่ 29 ก้านเกสรเพศเมีย (ก) และอับเรณู (ข) ของดอกดินแดง, vb. = vascular bundle; epi. = epidermis; tt.= transmitting tissue; st.c.= stylar canal; pol.s.= pollen sac; ta.= tapetum; stm.= stomium; pol.= pollen

3.1.6 เกสรเพศเมีย (pistil)

3.1.6.1 ยอดเกสรเพศเมีย (stigma)

ยอดเกสรเพศเมียของดอกดินแดงมีลักษณะเหนียว เนื่องจากมี stigma fluid เพื่อช่วยในการจับละอองเรณู (pollen) และกระตุ้นการงอกของหลอดละอองเรณู (pollen tube) (ภาพที่ 30ก) เมื่อตัดตามยาวพบว่า เนื้อเยื่อชั้นผิวของยอดเกสรเพศเมียมีส่วนคล้ายลิ้นยื่นออกมาซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาตั้งแต่ชั้นนอกสุดเข้าไปถึงชั้นใน (ภาพที่ 30ข)

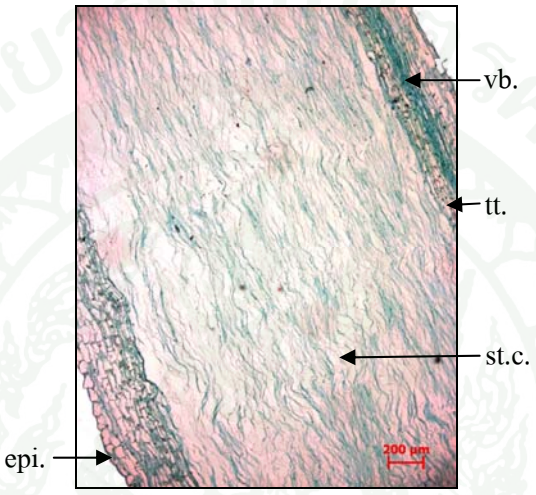


ภาพที่ 30 ยอดเกสรเพศเมียของดอกดินแดง (ก) และยอดเกสรเพศเมียเมื่อตัดตามยาว (ข)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.6.2 ก้านเกสรเพศเมีย (style)

ก้านเกสรเพศเมียของดอกดินแดงนั้นค่อนข้างยาวและมีลักษณะเป็นหลอด เมื่อตัดตามยาว พบการเรียงตัวของเนื้อเยื่อชั้นผิว 1 ชั้นเซลล์ ถัดเข้ามาเป็นชั้นที่ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาและมัดท่อลำเลียง ถัดจากมัดท่อลำเลียงเป็นเนื้อเยื่อ transmitting tissue ส่วนตรงกลางนั้นเป็นช่องว่างของ stylar canal (ภาพที่ 31)

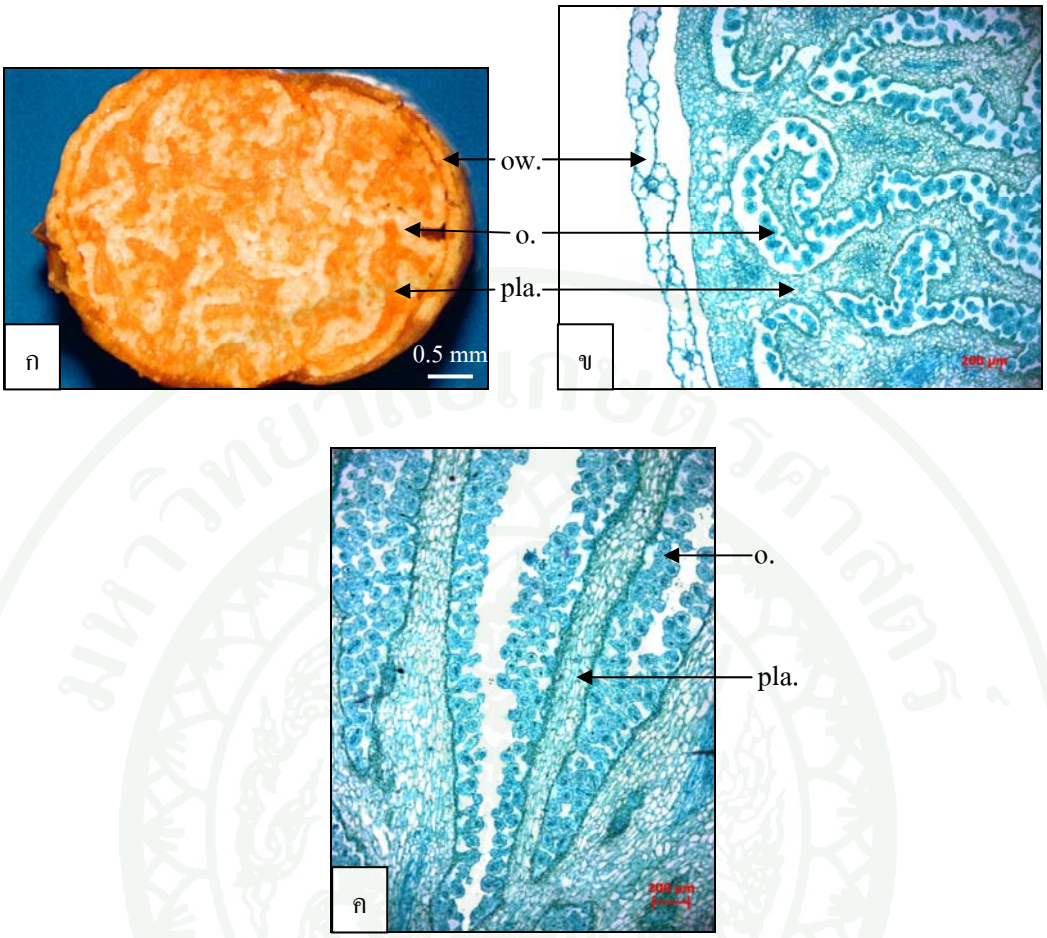


ภาพที่ 31 ก้านเกสรเพศเมียตัดตามยาว, epi. = epidermis; st.c. = stylar canal; tt. = transmitting tissue; vb. = vascular bundle

3.1.6.3 รังไข่ (ovary)

เมื่อตัดตามขวางพบว่า รังไข่ดอกดินแดงมี 1 ช่อง (locule) 2 คาร์เพล (carpel) มีการเรียงพลาเซนตา (placentation) แบบพลาเซนตาตามแนวตะเข็บ (parietal placentation) (ภาพที่ 32ก) ผนังรังไข่ (ovary wall) ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่มีมัดท่อลำเลียงแทรกอยู่เป็นแนวยาว (ภาพที่ 32ข) เมื่อตัดตามยาวพบว่า พลาเซนตา (placenta) ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่มีเม็ดแป้งสะสมอยู่ (ภาพที่ 32ค)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

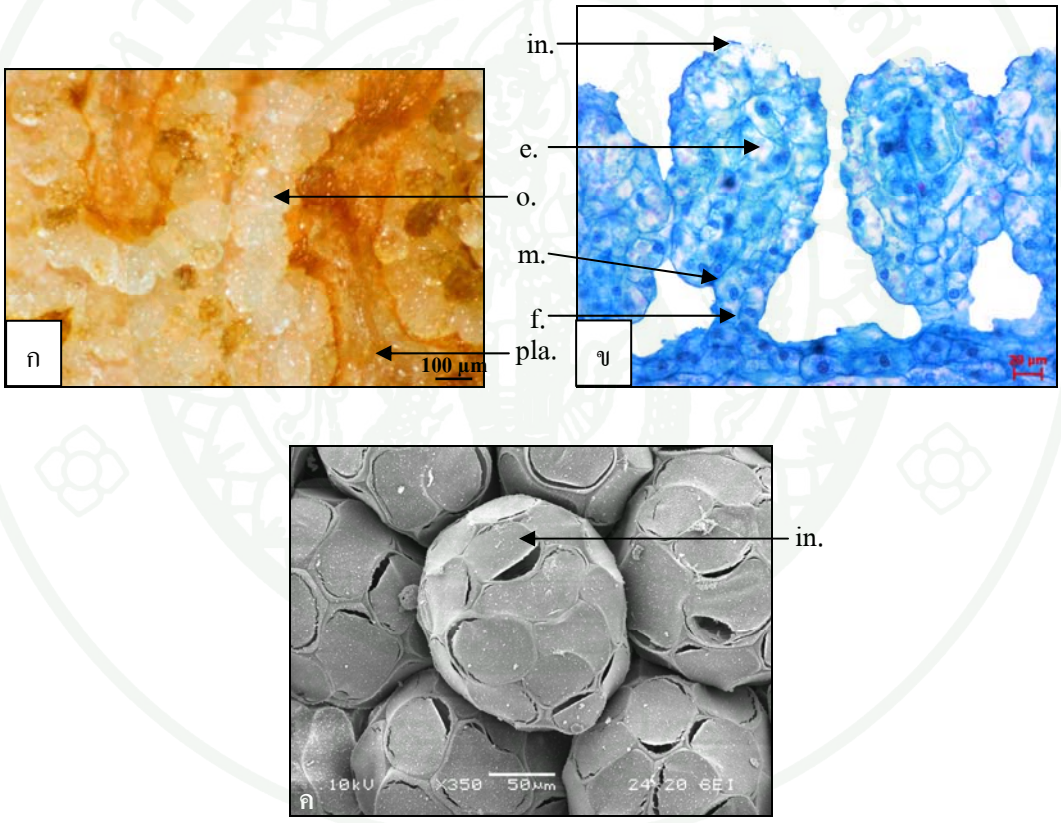


ภาพที่ 32 รังไข่ดอกดินแดง (ก) เมื่อตัดตามขวาง (ข) และตัดตามยาว (ค), ow. = ovary wall; pla. = placenta; o. = ovule

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.6.4 ออวุล (ovule)

ออวุลของดอกดินแดงมีขนาดเล็กมาก มีลักษณะเป็นรูปไข่ (ภาพที่ 33ก) ก้านออวุล (funiculus) ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่เห็นนิวเคลียสชัดเจน ผนังออวุล (integument) ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา 1 ชั้นเซลล์ และมีไมโครไพล์ (micropyle) อยู่ด้านล่างติดกับก้านออวุล เมื่อทดสอบด้วยสารละลายไอโอดีน พบว่า มีเม็ดแป้งสะสมอยู่ภายในเซลล์ชั้นของผนังออวุล จำนวนมาก (ภาพที่ 33ข) เมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานของออวุลดอกดินแดงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่า เมื่อออวุลเจริญเต็มที่แล้ว ที่ผนังออวุลเริ่มมีการหลุดลอกออก และจะพัฒนาไปเป็นเปลือกเมล็ดชั้นนอก (testa) (ภาพที่ 33ค)



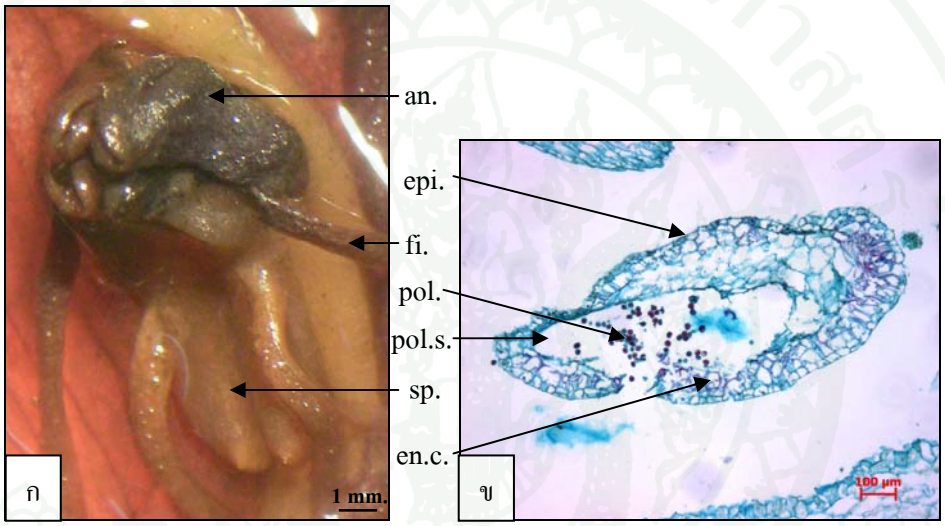
ภาพที่ 33 ออวุลดอกดินแดง, (ก) เมื่อดูจากกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ, (ข) ออวุลตัดตามยาว, (ค) เมื่อดูจากกล้อง SEM, pla. = placenta; o. = ovule; in. = integument; e. = egg; f. = funiculus; m. = micropyle

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.7 เกสรเพศผู้ (stamen)

3.1.7.1 อับเรณู (anther)

อับเรณูของดอกดินแดงมี 4 อัน ติดอยู่บนหลอดกลีบดอก อับเรณูคู่ล่างมีเดือยที่โคน (ภาพที่ 34ก) ชั้นนอกสุดคือเนื้อเยื่อชั้นผิวซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา ถัดมาคือชั้น endothecium ที่มีผนังเซลล์หนา มีโพรงอับเรณู (pollen sac) 1 โพรง ซึ่งมีเรณู (pollen) อยู่ภายใน (ภาพที่ 34ข)



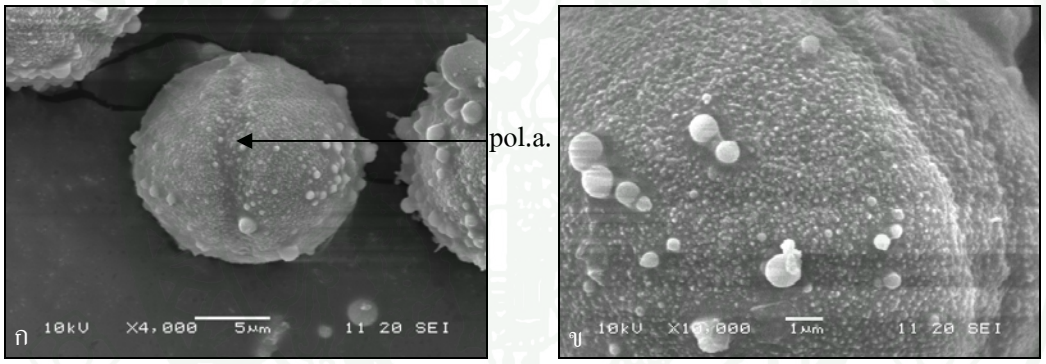
ภาพที่ 34 อับเรณูดอกดินแดง,(ก) เมื่อดูจากกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ, (ข) เมื่อตัดตามขวาง, an. = anther; fi. = filament; sp.= spur; epi. = epidermis; en.c. = endothecium; pol.s. = pollen sac; pol. = pollen

3.1.7.2 เรณู (pollen)

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานของเรณูดอกดินแดงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า การปรากฏ (pollen occurring) ของเรณูดอกดินแดงเป็นลักษณะของเรณูเดี่ยว (monad) ที่แยกอิสระจากกันเมื่อปล่อยออกจากอับเรณู ขั้วเรณูมีลักษณะเป็นขั้วเหมือน (isopolar) มีสมมาตรเรณู (pollen symmetry) แบบ radial symmetry เมื่อวัดขนาดของเรณู (pollen size) ที่แนวแกนขั้ว (polar axis; P) พบว่ามีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 20 µm โดยพบเรณูที่มีความยาวที่แนวแกนขั้วมากที่สุด 22 µm และพบเรณูที่มีความยาวที่แนวแกนขั้วน้อยที่สุด 19 µm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อวัดขนาดของเรณูที่แนวแกนศูนย์สูตร (equatorial axis; E) พบว่ามีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 21.6 µm โดยพบเรณูที่มีความยาวที่แนวแกนศูนย์สูตรมากที่สุด 24 µm และพบเรณูที่มีความยาวที่แนวแกนศูนย์สูตรน้อยที่สุด 20 µm เมื่อวัดขนาดของเรณูที่แนว amb (ambitus) พบว่ามีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 21.2 µm โดยพบเรณูที่มีความยาวที่แนว amb มากที่สุด 23 µm และพบเรณูที่มีความยาวที่แนว amb น้อยที่สุด 19 µm เมื่อจัดกลุ่มของขนาดเรณู (size group) โดยใช้ค่าของแกนเรณูที่ยาวที่สุด คือแกนศูนย์สูตร พบว่า เรณูดอกดินแดงจัดอยู่ในกลุ่มเรณูขนาดเล็ก (small grain) รูปทรงเรณู (pollen shape) ของดอกดินแดงเป็นรูปทรงกลม (spherical) รูปร่างเรณูที่มองด้านศูนย์สูตร (equatorial shape) เป็นแบบ oblate-spheroidal เมื่อมองด้านขั้ว (polar view) ที่แนว amb พบว่าเป็นแบบ circular ช่องเปิดเรณู (pollen aperture) เป็นแบบ tricolpate โดยมีลักษณะเป็นช่องเปิดเดี่ยว (simple aperture) ที่เป็นแนวยาวจากขั้วหนึ่งไปสู่อีกขั้วหนึ่งโดยช่องเปิดไม่เชื่อมกันจำนวน 3 ช่องเปิด (ภาพที่ 35ก) ลวดลายบนผนังเรณู (exine sculpturing) เป็นลายติ่งหนามละเอียด (finely scabrate) (ภาพที่ 35ข)

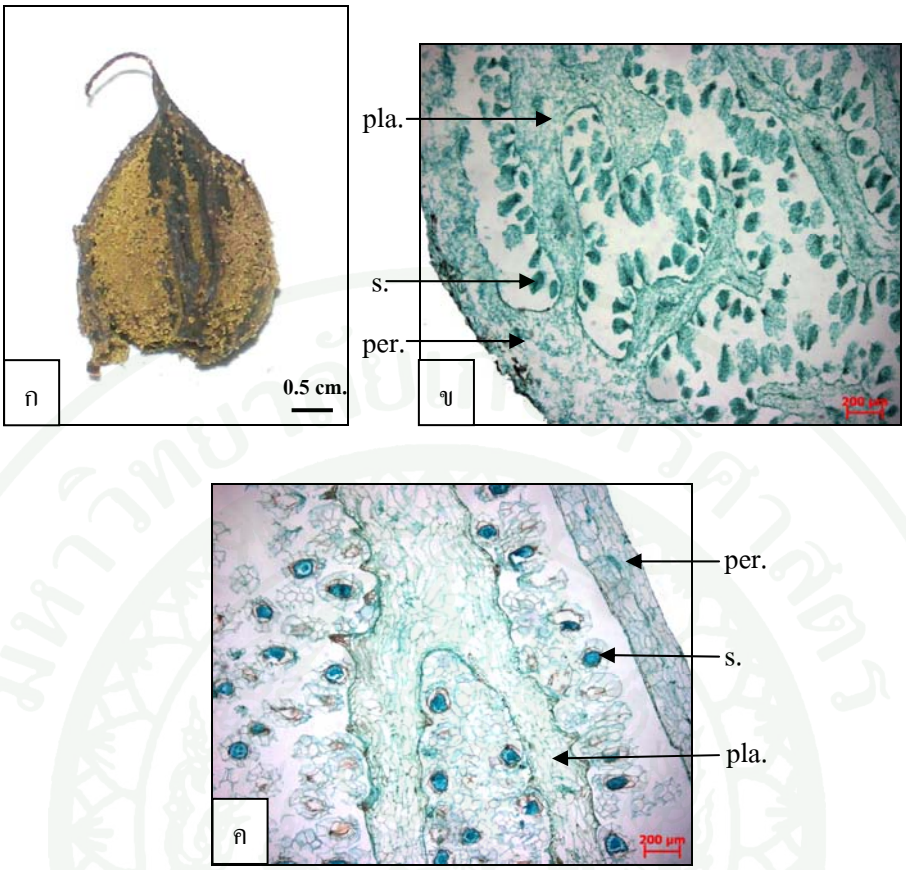


ภาพที่ 35 เรณูดอกดินแดง, (ก) ช่องเปิด, (ข) ลวดลายบนผนังเรณู, pol.a. = pollen aperture

3.1.8 ผล (fruit)

ผลของดอกดินแดงเป็นผลแห้งที่แตกเมื่อแก่ (dehiscent dry fruit) แบบ loculicidal capsule (ภาพที่ 36ก) เมื่อตัดตามขวาง (ภาพที่ 36ข) และตัดตามยาว (ภาพที่ 36ค) ในขณะที่ผลยังไม่แห้งแตก พบว่า ผนังผล (pericarp) ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาทั้งหมด มีความหนาประมาณ 200-250 µm ซึ่งถือว่าค่อนข้างบาง และพบเมล็ดภายในผลจำนวนมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



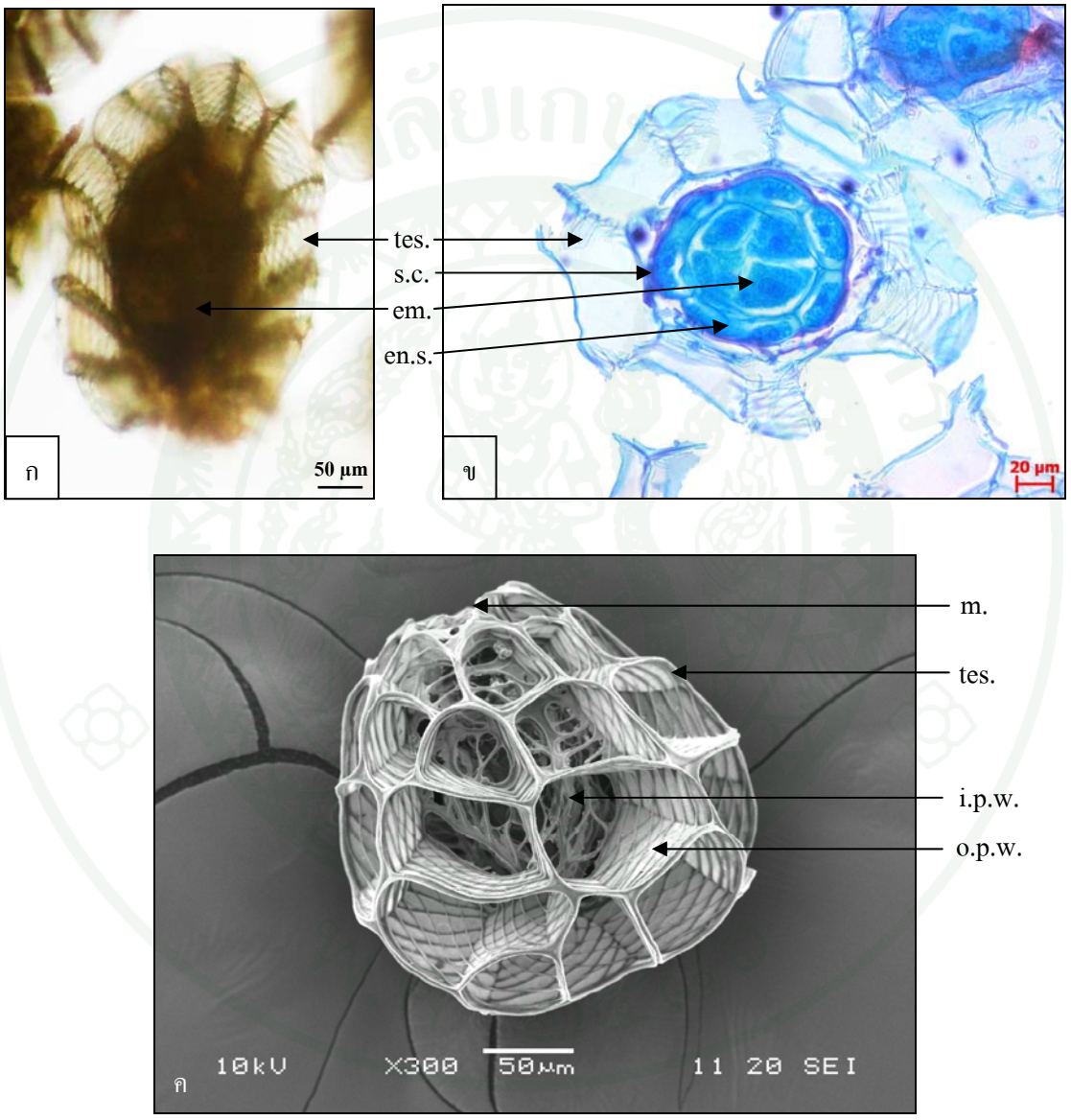
ภาพที่ 36 ผลดอกดินแดง, (ก) ผลแก่, (ข) ผลตัดตามขวาง,(ค) ผลตัดตามยาว per. = pericarp; s. = seed; pla. = placenta

3.1.9 เมล็ด (seed)

เมล็ดของดอกดินแดงมีขนาดเล็กมาก มีลักษณะเป็นรูปไข่ (ovate) (ภาพที่ 37ก) เอ็มบริโอเป็นแบบ solanad type มีเอนโดสเปิร์มแบบ cellular type (ภาพที่ 37ข) เมื่อศึกษาสัณฐานของเมล็ดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า เมล็ดดอกดินแดงมีรูปร่างแบบรังผึ้ง (alveolate) ชั้น testa ซึ่งแจริญมาจาก integument มีลักษณะเป็น reticulately-thickened secondary wall ที่มีโครงสร้างแข็งแรง และมองเห็นรูไมโครไพล์ชัดเจน (ภาพที่ 37ค) เมื่อทดลองเพาะเมล็ดในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า เมล็ดดอกดินสามารถงอกได้ถึงแม้จะไม่มีพืชที่เป็นผู้ให้อาศัยก็ตาม อีกทั้งยังไม่มีสารกระตุ้นใดๆ ในอาหาร แต่การเจริญเติบโตเป็นไปอย่างช้าๆ โดยจะเห็นผลชัดเจนเมื่อเวลาผ่านไป 2 เดือน เอ็มบริโอที่อยู่ภายในเมล็ดเริ่มมีการแบ่งเซลล์และเจริญออกมาด้านนอก testa ทางด้านรูไมโครไพล์ ลักษณะคล้ายตุ่มเล็กๆ มีรูปทรงแบบ spheroidal ที่มีผิวค่อนข้างขรุขระเกิด

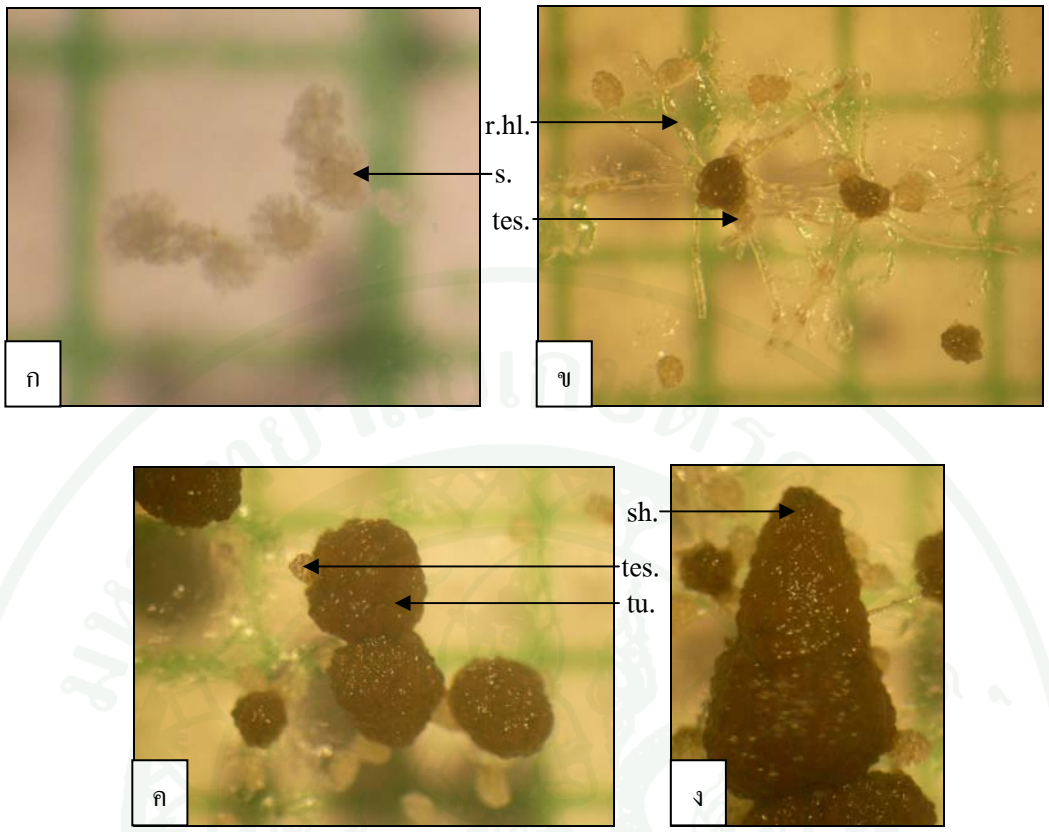
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากเซลล์แบ่งตัวอย่างรวดเร็วจนมีลักษณะคล้ายผลมัลเบอร์รี่ (mulberry shape) และพบการเจริญของรากที่มีลักษณะคล้ายขน (root-hairlike) จำนวนมาก และแบ่งเซลล์ไปเรื่อยๆ จนพัฒนาไปเป็นส่วนของยอด (shoot) และส่วนของ testa ก็จะหลุดออกไปในที่สุด (ภาพที่ 38) เมื่อตัดตามยาว พบว่าเนื้อเยื่อที่เจริญขึ้นมาใหม่นั้นประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่เห็นนิวเคลียสได้ชัดเจน (ภาพที่ 39)



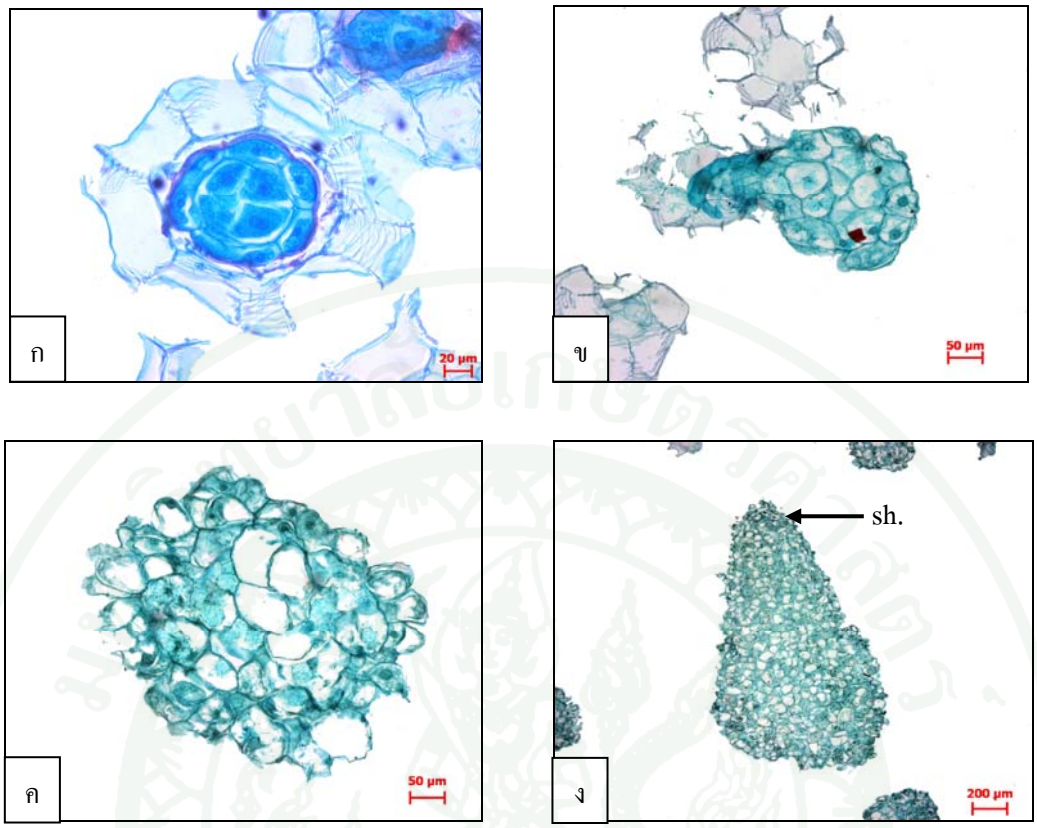
ภาพที่ 37 สัณฐานของเมล็ดดอกดินแดง,(ก) เมื่อดูจากกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ, (ข) เมื่อผ่านการตัดชิ้นบาง, (ค) เมื่อดูจากกล้อง SEM, tes. = testa; em. = embryo; s.c. = seed coat; en.s. = endosperm; m. = micropyle; i.p.w = inner periclinal wall; o.p.w = outer periclinal wall

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 38 การพัฒนาของเมล็ดดอกดินแดงในสภาพปลอดเชื้อ, (ก) เมล็ดเริ่มต้น, (ข) เมื่อเลี้ยงนาน 2 เดือน, (ค) เมื่อเลี้ยงนาน 4 เดือน, (ง) เมื่อเลี้ยงนาน 6 เดือน, r.hl.= root-hairlike; s.= seed; tes.= testa; sh.= shoot; tu.= tubercle

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



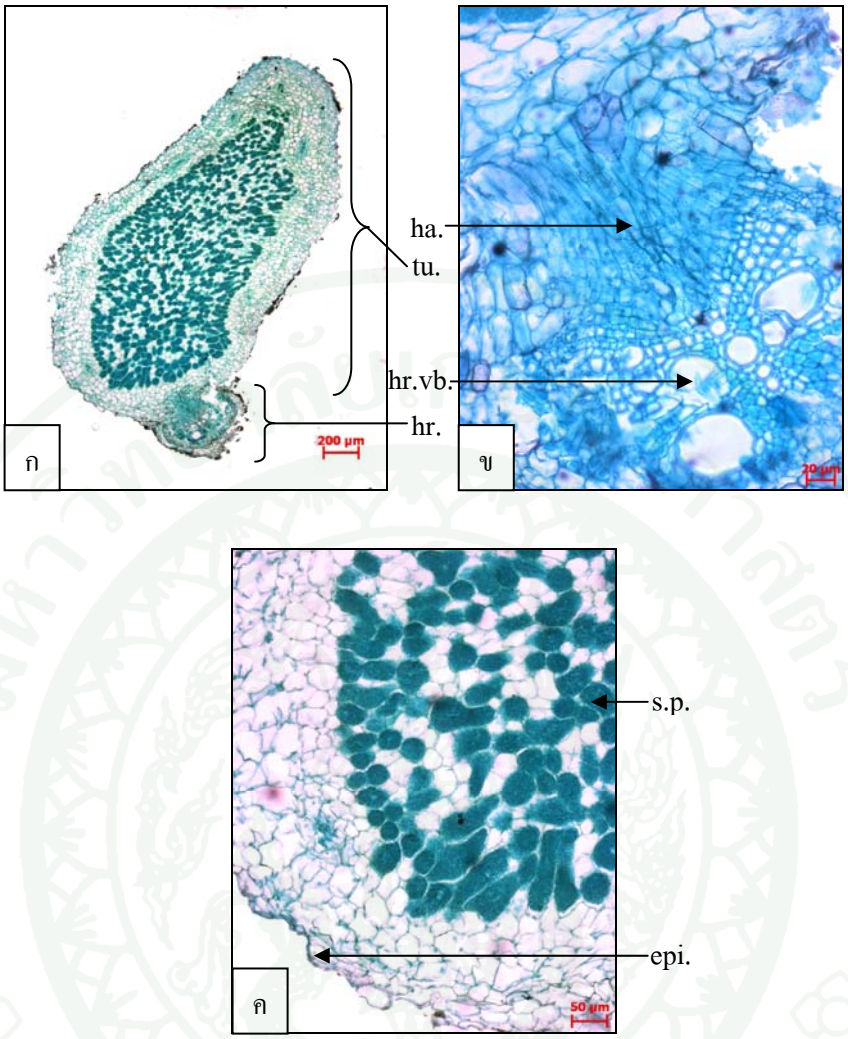
ภาพที่ 39 การพัฒนาของเมล็ดดอกดินแดงในสภาพปลอดเชื้อเมื่อผ่านการตัดชิ้นบาง, (ก) เมล็ดเริ่มต้น, (ข) เมื่อเลี้ยงนาน 2 เดือน, (ค) เมื่อเลี้ยงนาน 4 เดือน, (ง) เมื่อเลี้ยงนาน 6 เดือน, sh. = shoot

3.2 เอื้องดิน

3.2.1 รากเบียน (haustorium)

รากเบียนของเอื้องดิน เป็นส่วนที่เชื่อมระหว่างโครงสร้างใหญ่ๆ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของ tubercle และรากพืชให้อาศัย (host root) (ภาพที่ 40ก) โดยรากเบียนของเอื้องดิน นั้นประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา และเวสเซล โดยเวสเซลที่พบนั้นเป็นแบบ reticulate รากเบียนของเอื้องดินนั้นจะเจริญยืดยาวเข้าสู่มัดท่อลำเลียง ของรากพืชให้อาศัยเพื่อดูดซึมน้ำและธาตุอาหารเพื่อใช้ในการดำรงชีพ (ภาพที่ 40ข) ที่บริเวณเนื้อเยื่อชั้นผิวของ tubercle ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา 1 ชั้นเซลล์ ถัดเข้ามาจากเนื้อเยื่อชั้นผิว ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา ส่วนบริเวณกึ่งกลางของ tubercle นั้นประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่มีลักษณะเฉพาะตัว (specific parenchyma) (ภาพที่ 40ค)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

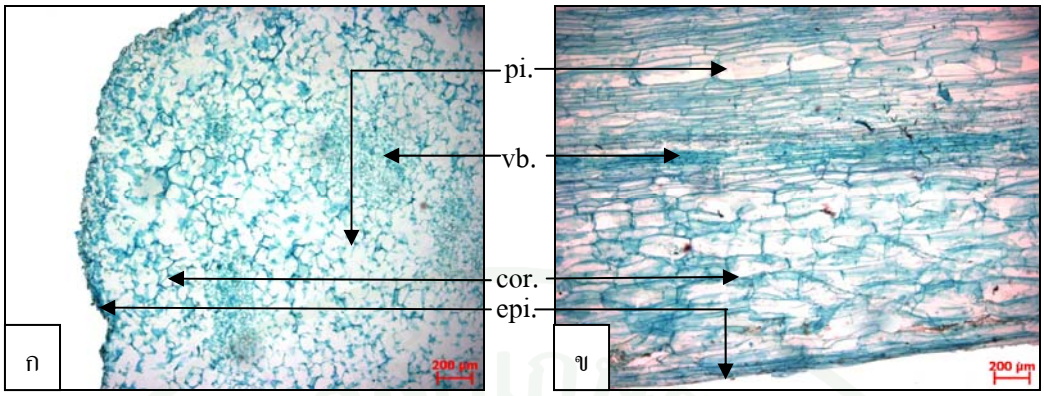


ภาพที่ 40 Tubercle และรากเบียนของเอื้องดิน, ha. = haustorium; hr. = host root; tu. = tubercle; hr.vb. = host root vascular bundle; epi. = epidermis; s.p. = specific parenchyma

3.2.2 ลำต้น (stem)

ลำต้นเอื้องดินมีขนาดสั้นมาก เมื่อตัดตามขวางและตามยาวพบว่า ทั้งเนื้อเยื่อชั้นผิว คอร์เท็กซ์ และ pith ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา สตีลของลำต้นเรียงตัวแบบ eustele และมีการเรียงตัวของโฟลเอ็มและไซเล็มแบบ collateral bundle เวสเซลเป็นแบบ spiral และ reticulate (ภาพที่ 41ก-ข)

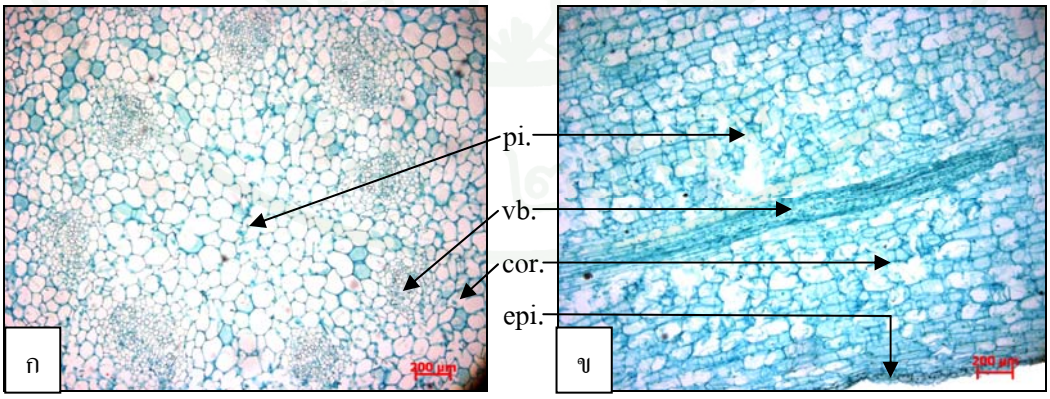
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 41 ลำต้นเอื้องดินตัดตามขวาง (ก) และตามยาว (ข), epi. = epidermis; cor. = cortex; pi. = pith; vb. = vascular bundle

3.2.3 ก้านดอก (peduncle)

เมื่อตัดก้านดอกเอื้องดินตามขวางและตามยาวพบว่า เนื้อเยื่อชั้นผิวประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาเรียงตัวกัน 1 ชั้นเซลล์ ถัดเข้ามาเป็นชั้นคอร์เท็กซ์ที่ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่เรียงตัวอัดกันแน่นและมีรูปร่างไม่แน่นอน สตีล (stele) เป็นแบบ eustele และมีการเรียงตัวของโฟลเอ็มและไซเล็มเป็นแบบ collateral bundle เวสเซลเป็นแบบ annular และ spiral ไส้ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาขนาดใหญ่ที่เรียงตัวกันอย่างหลวมๆ รูปร่างหลายเหลี่ยมจนเกือบกลม (ภาพที่ 42ก-ข)

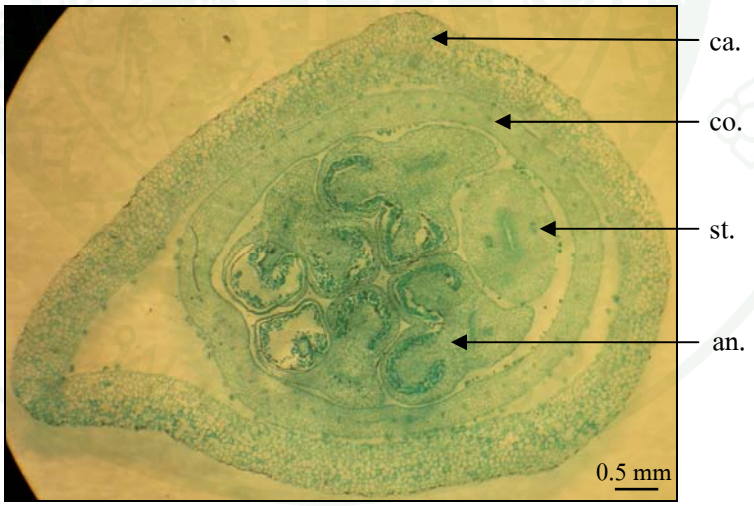


ภาพที่ 42 ก้านดอกเอื้องดินตัดตามขวาง (ก) และตามยาว (ข), cor. = cortex; pi. = pith; vb. = vascular bundle; epi. = epidermis

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

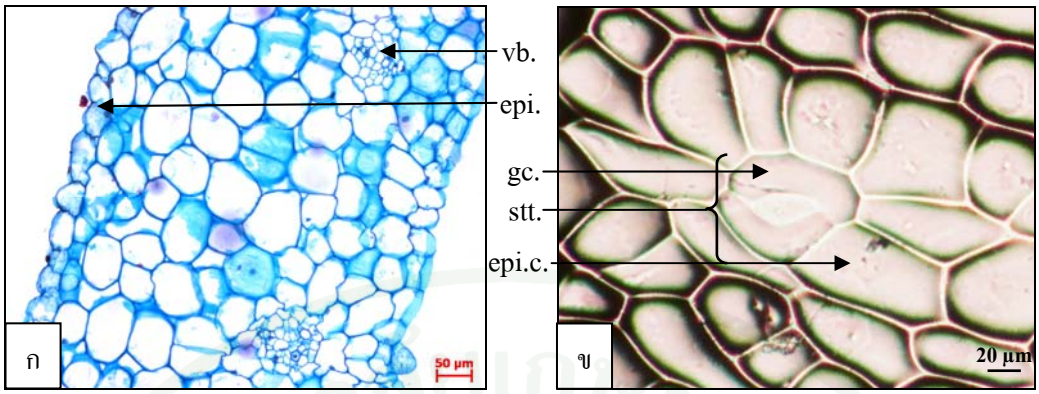
3.2.4 ดอก (flower)

จากการศึกษากายวิภาคของดอกเอื้องดินตัดตามขวาง พบการเรียงตัวของวงกลีบดอกตามแบบอสมมาตร (irregular flower) โดยชั้นนอกสุดเป็นกลีบเลี้ยงถัดมาคือกลีบดอก เกสรเพศเมียและเกสรเพศผู้ (ภาพที่ 43) กลีบเลี้ยงประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่เรียงตัวกันอย่างหลวมๆ เนื้อเยื่อชั้นผิวเป็นเซลล์พาเรงคิมาเรียงตัวกัน 1 ชั้นเซลล์ มัดท่อลำเลียงประกอบไปด้วยเซลล์ไซเล็มพาเรงคิมาและโฟลเอ็มที่เรียงตัวเป็นกลุ่ม (ภาพที่ 44ก) นอกจากนี้ยังพบปากใบ (stomata) แบบ anomocytic ที่เนื้อเยื่อชั้นผิวของกลีบเลี้ยงด้วย (ภาพที่ 44ข) กลีบดอกมี capitates gland ที่ผลิตสารเมือกที่เนื้อเยื่อชั้นผิวด้านนอก ถัดเข้ามาพบเซลล์พาเรงคิมาเรียงตัวกันอย่างหลวมๆ นอกจากนี้ยังพบมัดท่อลำเลียงแทรกอยู่ระหว่างเซลล์พาเรงคิมาด้วย (ภาพที่ 45) ก้านเกสรเพศเมียประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาทั้งหมด มีมัดท่อลำเลียงแทรกอยู่ 2 กลุ่ม ซ้ายและขวา ตรงกลางเป็น stylar canal ที่มีลักษณะเป็นท่อกลวง ส่วนเนื้อเยื่อที่หันออกสู่ stylar canal คือเนื้อเยื่อ transmitting tissue ซึ่งทำหน้าที่เป็นทางผ่านและแหล่งอาหารของหลอดเรณู (pollen tube) (ภาพที่ 46ก) อับเรณูมี 4 อัน ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา ชั้นนอกสุดเป็นเนื้อเยื่อชั้นผิวเรียงตัวกัน 1 ชั้นเซลล์ ชั้นในสุดคือ tapetum ตรงกลางเป็น pollen sac ที่บรรจุด้วยเรณูจำนวนมาก (ภาพที่ 46ข)

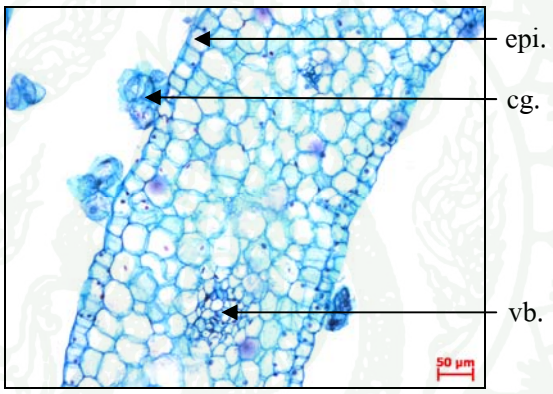


ภาพที่ 43 ดอกเอื้องดินตัดตามขวาง, ca. = calyx; co. = corolla; st. = style; an. = anther

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

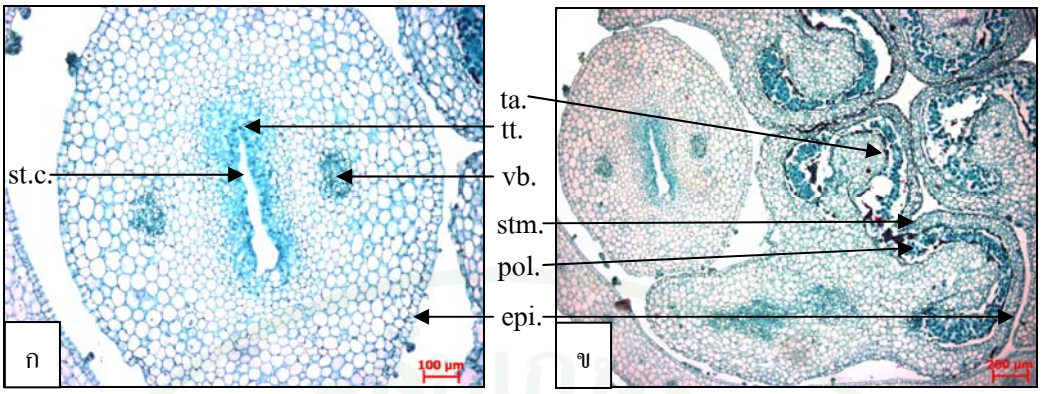


ภาพที่ 44 กลีบเลี้ยงเอื้องดิน (ก) และปากใบ (ข), epi. = epidermis; vb. = vascular bundle; gc. = guard cell; stt. = stomata; epi.c. = epidermal call



ภาพที่ 45 กลีบดอกเอื้องดิน, epi. = epidermis; vb. = vascular bundle; cg. = capitate gland

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

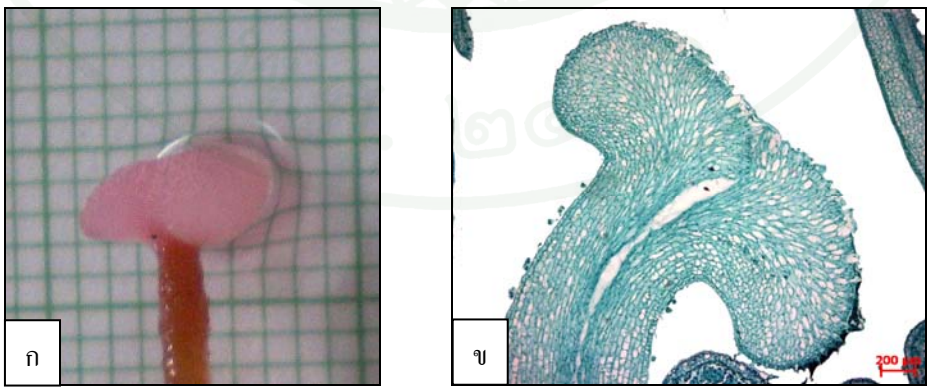


ภาพที่ 46 ก้านเกสรเพศเมียเอื้องดิน (ก) และอับเรณู (ข), epi. = epidermis; vb. = vascular bundle; tt. = transmitting tissue; st.c. = stylar canal; pol. = pollen; ta. = tapetum; stm. = stomium

3.2.5 เกสรเพศเมีย (pistil)

3.2.5.1 ยอดเกสรเพศเมีย (stigma)

ยอดเกสรเพศเมียของเอื้องดินมีลักษณะเหนียว เนื่องจากมี stigma fluid เพื่อช่วยในการจับละอองเรณู (pollen) และกระตุ้นการงอกของหลอดละอองเรณู (pollen tube) (ภาพที่ 47ก) เมื่อตัดตามยาวพบว่า เนื้อเยื่อชั้นผิวของยอดเกสรเพศเมียมีส่วนคล้ายลิ้นยื่นออกมาซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาตั้งแต่ชั้นนอกสุดเข้าไปถึงชั้นใน (ภาพที่ 47ข)

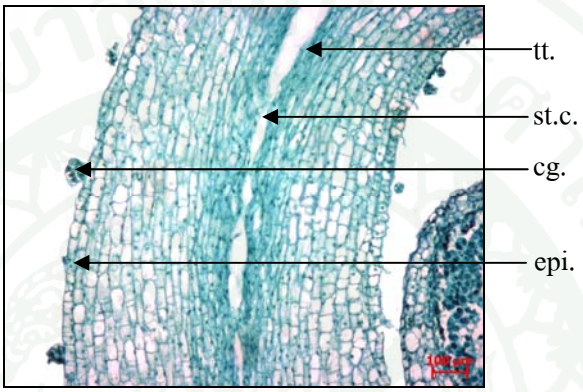


ภาพที่ 47 ยอดเกสรเพศเมียเอื้องดิน, (ก) เมื่อดูจากกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ, (ข) เมื่อผ่านการตัดชิ้นบาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2.5.2 ก้านเกสรเพศเมีย (style)

ก้านเกสรเพศเมียของเอื้องดินนั้นค่อนข้างยาวและมีลักษณะเป็นหลอด เมื่อตัดตามยาว พบการเรียงตัวของเนื้อเยื่อชั้นผิว 1 ชั้นเซลล์ และพบ capitate gland ที่ชั้นผิวด้วย ถัดเข้ามาเป็นชั้นที่ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา ถัดมาเป็นเนื้อเยื่อชั้น transmitting tissue ส่วนตรงกลางนั้นเป็นช่องว่างของ stylar canal (ภาพที่ 48)

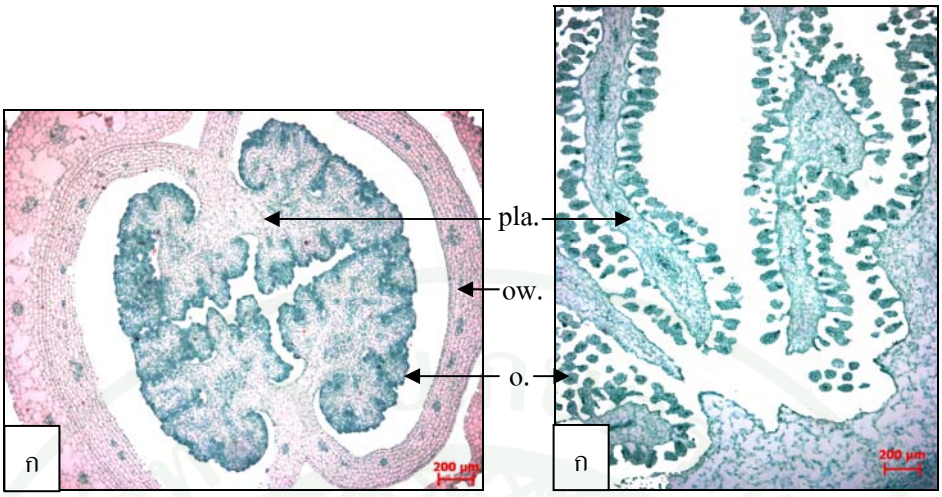


ภาพที่ 48 ก้านเกสรเพศเมียเอื้องดินตัดตามยาว, epi. = epidermis; cg. = capitate gland; tt. = transmitting tissue; st.c. = stylar canal

3.2.5.3 รังไข่ (ovary)

เมื่อตัดตามขวางพบว่า รังไข่ดอกดินแดงมี 1 ช่อง 2 คาร์เพล มีการเรียงพลาเซนตาแบบพลาเซนตาตามแนวตะเข็บ ผนังรังไข่ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่มีมัดท่อลำเลียงแทรกอยู่ (ภาพที่ 49ก) เมื่อตัดตามยาวพบว่า พลาเซนตาประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่มีเม็ดแป้งสะสมอยู่ ภายในมีออวุลขนาดเล็ก จำนวนมาก (ภาพที่ 49ข)

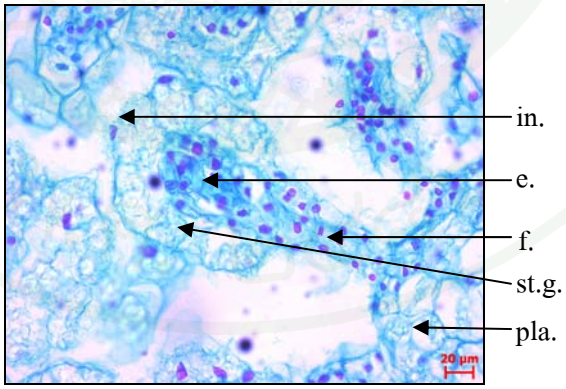
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 49 รังไข่เอื้องดินตัดตามขวาง (ก) และตามยาว (ข), ow. = ovary wall; o. = ovule; pla. = placenta

3.2.5.4 ออวุล (ovule)

ออวุลของเอื้องดินมีขนาดเล็กมาก มีลักษณะเป็นรูปไข่ ก้านออวุลประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่เห็นนิวเคลียสชัดเจน ผนังออวุลประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา 1 ชั้นเซลล์ และมีเม็ดแป้งสะสมอยู่ภายในเซลล์ชั้นของผนังออวุลจำนวนมาก (ภาพที่ 50)



ภาพที่ 50 ออวุลเอื้องดิน, in. = integument; e. = egg; st.g. = starch grain; f. = funiculus; pla. = placentation

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2.6 เกสรเพศผู้ (stamen)

3.2.6.1 อับเรณู (anther)

อับเรณูของเอื้องดินมี 4 อัน ติดอยู่บนหลอดกลีบดอก ชั้นนอกสุดคือเนื้อเยื่อชั้นผิวซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา ตรงกลางคือโพรงอับเรณู (pollen sac) 1 โพรง ซึ่งมีเรณู (pollen) อยู่ภายใน (ภาพที่ 51)

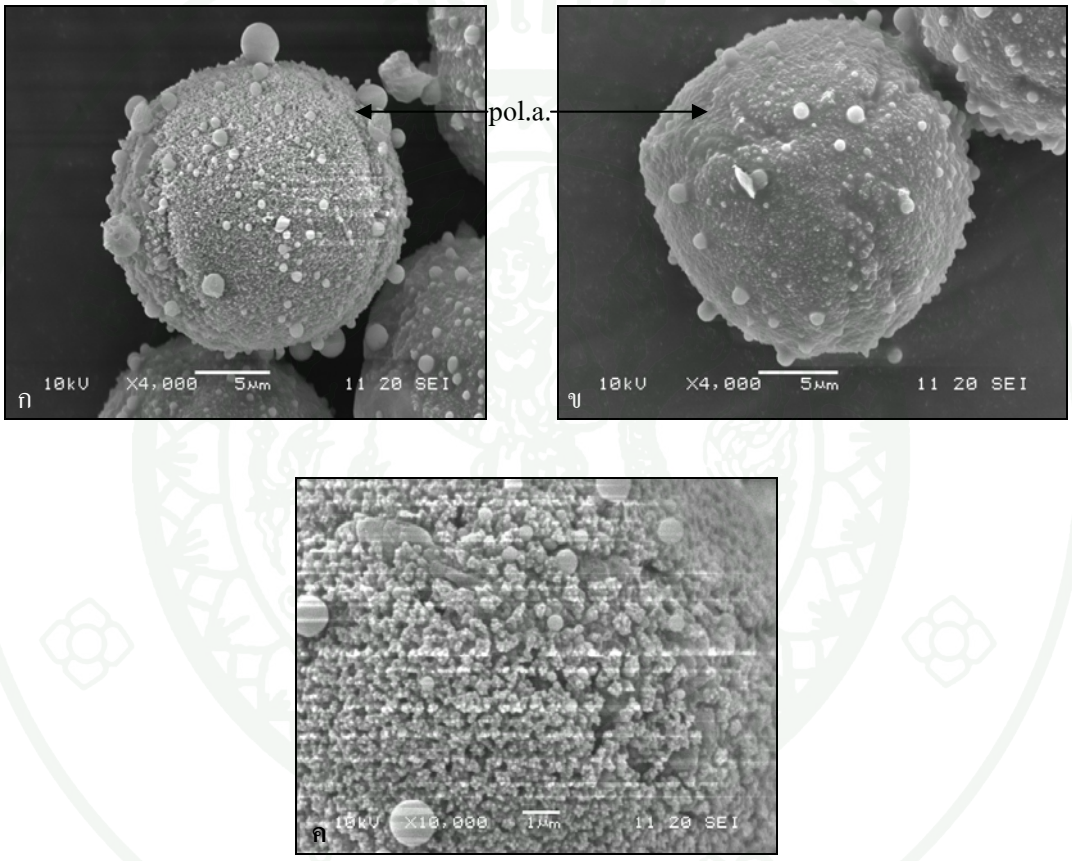
ภาพที่ 51 อับเรณูเอื้องดินตัดตามยาว, epi. = epidermis; pol. = pollen; pol.s. = pollen sac

3.2.6.2 เรณู (pollen)

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานของเรณูเอื้องดินด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า การปรากฏ (pollen occurring) ของเรณูเอื้องดินเป็นลักษณะของเรณูเดี่ยว (monad) ที่แยกอิสระจากกันเมื่อปล่อยออกจากอับเรณู ขั้วเรณูมีลักษณะเป็นขั้วเหมือน (isopolar) มีสมมาตรเรณู (pollen symmetry) แบบ radial symmetry เมื่อวัดขนาดของเรณู (pollen size) ที่แนวแกนขั้ว (polar axis; P) พบว่ามีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 20.5 µm โดยพบเรณูที่มีความยาวที่แนวแกนขั้วมากที่สุด 23 µm และพบเรณูที่มีความยาวที่แนวแกนขั้วน้อยที่สุด 19 µm เมื่อวัดขนาดของเรณูที่แนวแกนศูนย์สูตร (equatorial axis; E) พบว่ามีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 22.5 µm โดยพบเรณูที่มีความยาวที่แนวแกนศูนย์สูตรมากที่สุด 25 µm และพบเรณูที่มีความยาวที่แนวแกนศูนย์สูตรน้อยที่สุด 20 µm เมื่อวัดขนาดของเรณูที่แนว amb (ambitus) พบว่ามีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 23.6 µm โดยพบเรณูที่มีความยาวที่แนว amb มากที่สุด 26 µm และพบเรณูที่มีความยาวที่แนว amb น้อยที่สุด 21 µm เมื่อจัดกลุ่มของขนาดเรณู (size group) โดยใช้ค่าของแกนเรณูที่ยาวที่สุด คือแกนศูนย์สูตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พบว่า เรณูเอื้องดินจัดอยู่ในกลุ่มเรณูขนาดเล็ก (small grain) รูปทรงเรณู (pollen shape) ของเอื้องดินเป็นรูปทรงกลม (spherical) รูปร่างเรณูที่มองด้านศูนย์สูตร (equatorial shape) เป็นแบบ oblate-spheroidal เมื่อมองด้านขั้ว (polar view) ที่แนว amb พบว่าเป็นแบบ circular ช่องเปิดเรณู (pollen aperture) เป็นแบบ tricolpate โดยมีลักษณะเป็นช่องเปิดเดี่ยว (simple aperture) ที่เป็นแนวยาวจากขั้วหนึ่งไปสู่อีกขั้วหนึ่งโดยช่องเปิดไม่เชื่อมกัน (ภาพที่ 52ก) จำนวน 3 ช่องเปิด (ภาพที่ 52ข) ลวดลายบนผนังเรณู (exine sculpturing) เป็นลายติ่งหนามละเอียด (finely scabrate) (ภาพที่ 52ค)



ภาพที่ 52 เรณูเอื้องดิน (ก-ข) และลวดลายบนผนังเรณู (ค), pol.a. = pollen aperture

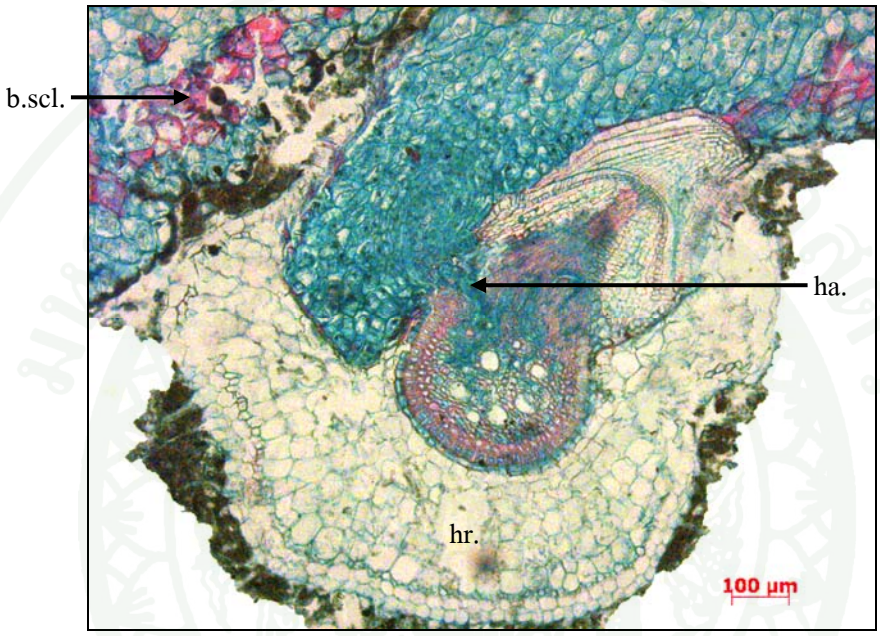
3.3 ว่านดอกสามสี

3.3.1 รากเบียน (haustorium)

รากเบียนของว่านดอกสามสี เป็นส่วนที่เชื่อมระหว่างโครงสร้างใหญ่ๆ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของ tubercle และรากพืชให้อาศัย (host root) โดยรากเบียนของว่านดอกสามสีนั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาเป็นส่วนใหญ่ โดยจะเจริญยืดยาวเข้าสู่มัดท่อลำเลียงของรากพืชให้อาศัยเพื่อดูดซึมน้ำและธาตุอาหารเพื่อใช้ในการดำรงชีพ ที่บริเวณเนื้อเยื่อชั้นผิวของ tubercle ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา 1 ชั้นเซลล์ ถัดเข้ามาจากเนื้อเยื่อชั้นผิว ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาสะสมเม็ดแป้งไว้ภายในเซลล์ ถัดเข้ามาเป็นชั้นที่ประกอบไปด้วยเซลล์ brachysclereid (ภาพที่ 53)

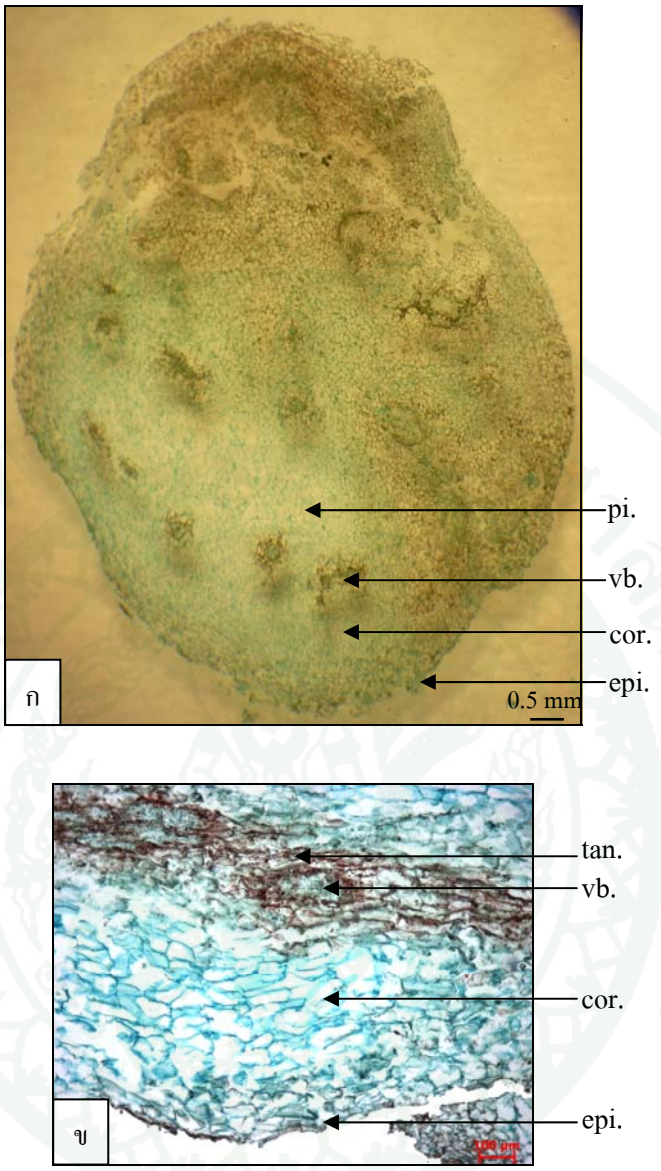


ภาพที่ 53 รากเบียนของว่านดอกสามสี, ha. = haustorium; hr. = host root; b.scl.= brachysclereid

3.3.2 ลำต้น (stem)

ว่านดอกสามสีมีลำต้นสั้นมาก เมื่อตัดเนื้อเยื่อตามขวางและตามยาวพบว่าเนื้อเยื่อชั้นผิวประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาเรียงตัวกัน 1-2 ชั้นเซลล์ คอร์เท็กซ์ และ pith ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา สตีล เป็นแบบ meristele และมีการเรียงตัวของโฟลเอ็มและไซเล็มเป็นแบบ amphicribral concentric bundle มีเวสเซล 2 แบบ คือ แบบ reticulate และแบบ spiral นอกจากนี้ยังพบว่ามีการสะสมสารแทนนิน (tannin) แทรกอยู่ภายในมัดท่อลำเลียงด้วย (ภาพที่ 54 ก-ข)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



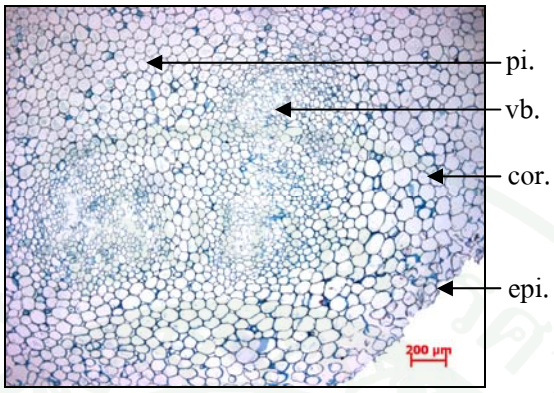
ภาพที่ 54 ลำต้นว่านดอกสามสีตัดตามขวาง (ก) และตามยาว (ข), epi. = epidermis; cor. = cortex; vb. = vascular bundle; pi. = pith; tan.= tannin

3.3.3 ก้านดอก (peduncle)

เมื่อตัดก้านดอกว่านดอกสามสีตามขวางและตามยาวพบว่า เนื้อเยื่อชั้นผิวประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาเรียงตัวกัน 1 ชั้นเซลล์ ถัดเข้ามาเป็นชั้นคอร์เท็กซ์ที่ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่เรียงตัวกันอย่างหลวมๆ และพบเม็ดแป้งสะสมในชั้นคอร์เท็กซ์ด้วย สตีลเป็นแบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

meristele และมีการเรียงตัวของโฟลเอ็มและไซเล็มเป็นแบบ bicollateral bundle เวสเซลเป็นแบบ annular (ภาพที่ 55)

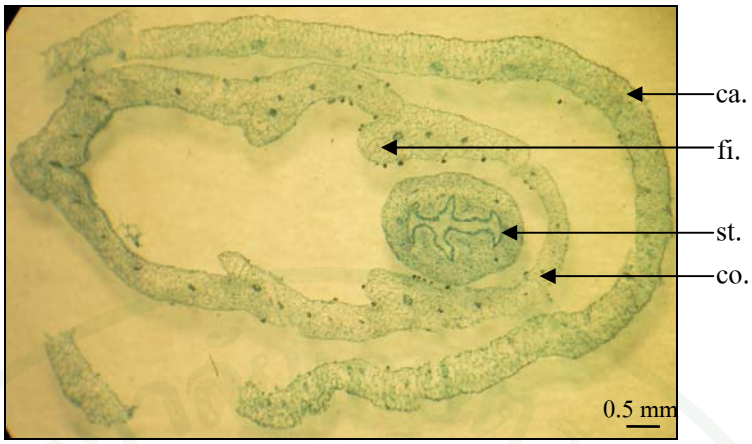


ภาพที่ 55 ก้านดอกว่านดอกสามสีตัดตามขวาง, epi. = epidermis; cor. = cortex; vb. = vascular bundle; pi. = pith

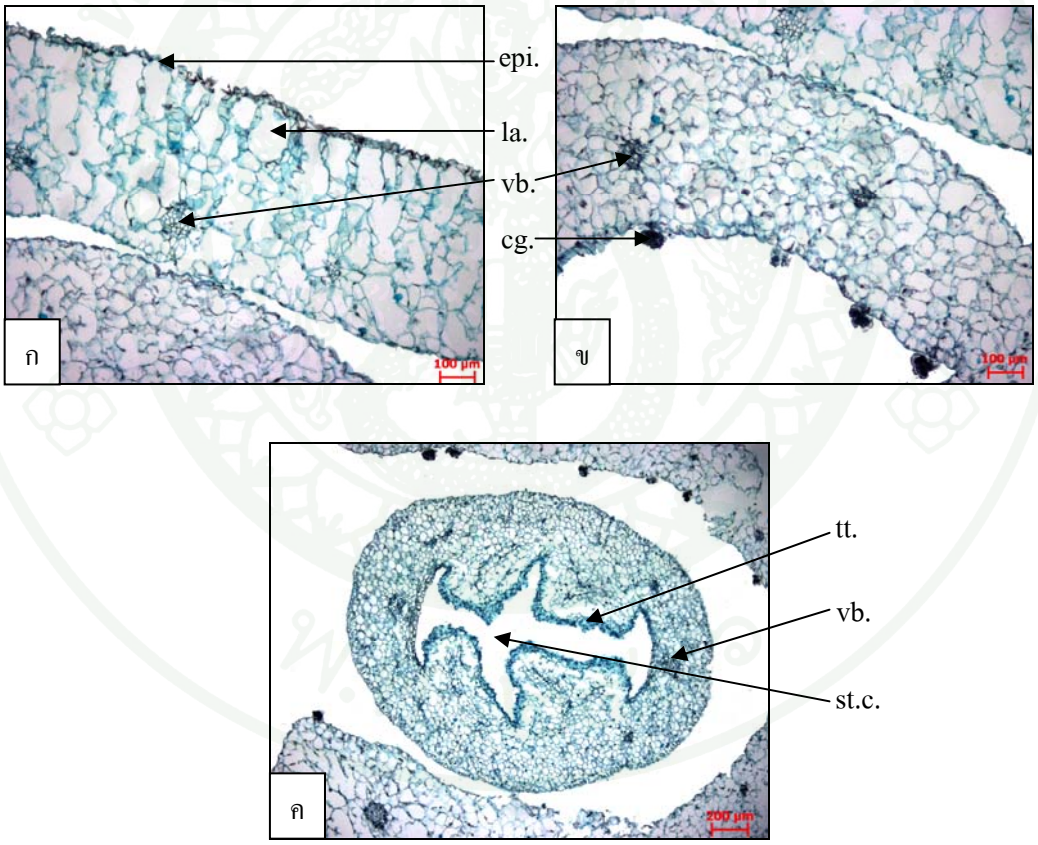
3.3.4 ดอก (flower)

จากการศึกษากายวิภาคของว่านดอกสามสีตัดตามขวาง พบการเรียงตัวของวงกลีบดอกตามแบบอสมมาตร (irregular flower) โดยชั้นนอกสุดเป็นกลีบเลี้ยง ถัดมาคือกลีบดอก เกสรเพศเมีย และเกสรเพศผู้ (ภาพที่ 56) กลีบเลี้ยงประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่เรียงตัวกันอย่างหลวมๆ เนื้อเยื่อชั้นผิวเป็นเซลล์พาเรงคิมาเรียงตัวกัน 1 ชั้นเซลล์ และมีช่องอากาศ (lacuna) จำนวนมาก มัดท่อลำเลียงประกอบไปด้วยเซลล์ไซเล็มพาเรงคิมาและโฟลเอ็มที่เรียงตัวเป็นกลุ่มเห็นชัดเจน (ภาพที่ 57ก) กลีบดอกประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา มี capitates gland ที่ผลิตสารเมือกที่เนื้อเยื่อชั้นผิวด้านใน นอกจากนี้ยังพบมัดท่อลำเลียงแทรกอยู่ระหว่างเซลล์พาเรงคิมาด้วย (ภาพที่ 57ข) ก้านเกสรเพศเมียประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาทั้งหมด มีมัดท่อลำเลียงแทรกอยู่ 2 กลุ่ม ซ้ายและขวา ตรงกลางเป็น stylar canal ที่มีลักษณะเป็นท่อที่มีรูปร่างเป็นแฉก ส่วนเนื้อเยื่อที่หันออกสู่ stylar canal คือเนื้อเยื่อ transmitting tissue ซึ่งทำหน้าที่เป็นทางผ่านและแหล่งอาหารของหลอดเรณู (ภาพที่ 57ค) ก้านชูอับเรณูมี 4 อัน ติดอยู่กับหลอดกลีบดอก ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่มีมัดท่อลำเลียงแทรกอยู่ด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 56 ดอกว่านดอกสามสีตัดตามขวาง, ca. = calyx; co. = corolla; st. = style; fi.= filament



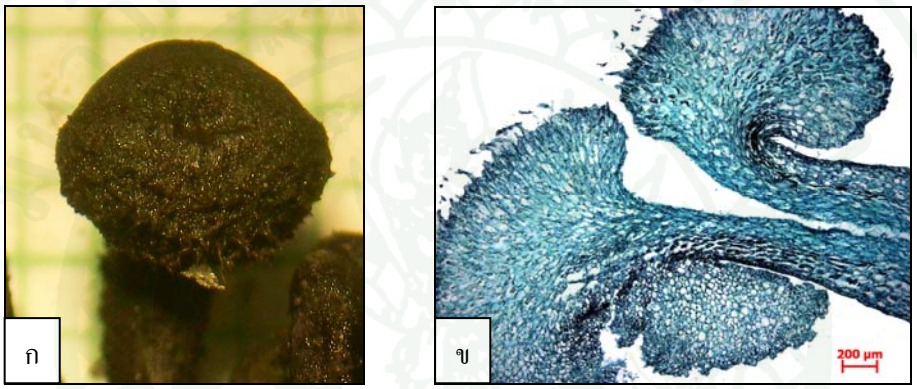
ภาพที่ 57 กลีบเลี้ยง (ก) กลีบดอก (ข) และก้านเกสรเพศเมีย (ค), epi. = epidermis; la. = lacuna; vb. = vascular bundle; cg. = capitate gland; tt.= transmitting tissue; st.c.= stylar canal

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3.5 เกสรเพศเมีย (pistil)

3.3.5.1 ยอดเกสรเพศเมีย (stigma)

ยอดเกสรเพศเมียของว่านดอกสามสีมีลักษณะเหนียว เนื่องจากมี stigma fluid เพื่อช่วยในการจับละอองเรณูและกระตุ้นการงอกของหลอดละอองเรณู เมื่อตัดตามยาวพบว่าเนื้อเยื่อชั้นผิวของยอดเกสรเพศเมียมีส่วนคล้ายลิ้นยื่นออกมาซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาตั้งแต่ชั้นนอกสุดเข้าไปถึงชั้นใน (ภาพที่ 58)

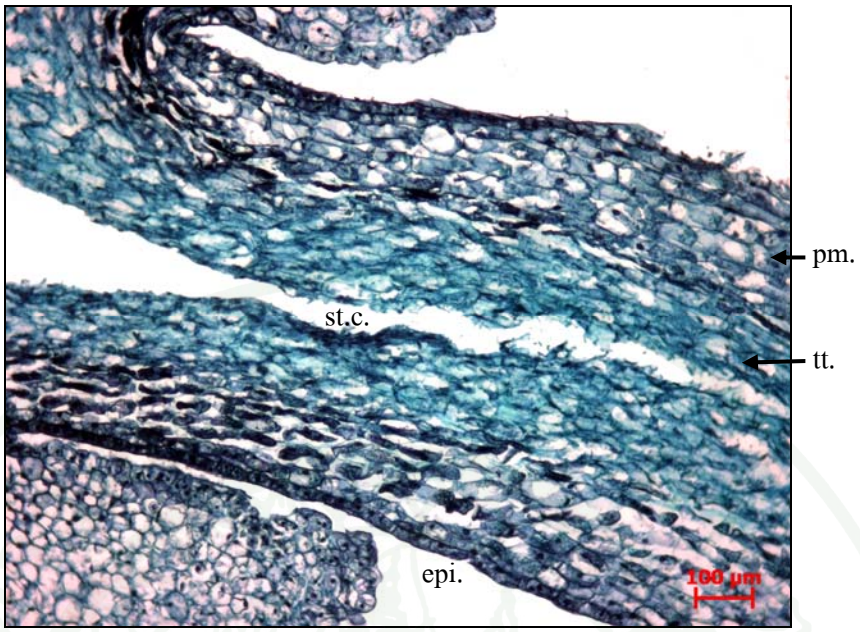


ภาพที่ 58 ยอดเกสรเพศเมียว่านดอกสามสี, (ก) เมื่อดูจากกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ, (ข) เมื่อผ่านการตัดชิ้นบาง

3.3.5.2 ก้านเกสรเพศเมีย (style)

ก้านเกสรเพศเมียของว่านดอกสามสีนั้นค่อนข้างยาวและมีลักษณะเป็นหลอด เมื่อตัดตามยาว พบการเรียงตัวของเนื้อเยื่อชั้นผิว 1 ชั้นเซลล์ ถัดเข้ามาเป็นชั้นที่ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาและมัดท่อลำเลียง ถัดจากมัดท่อลำเลียงเป็นเนื้อเยื่อชั้น transmitting tissue ส่วนตรงกลางนั้นเป็นช่องว่างของ stylar canal (ภาพที่ 59)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

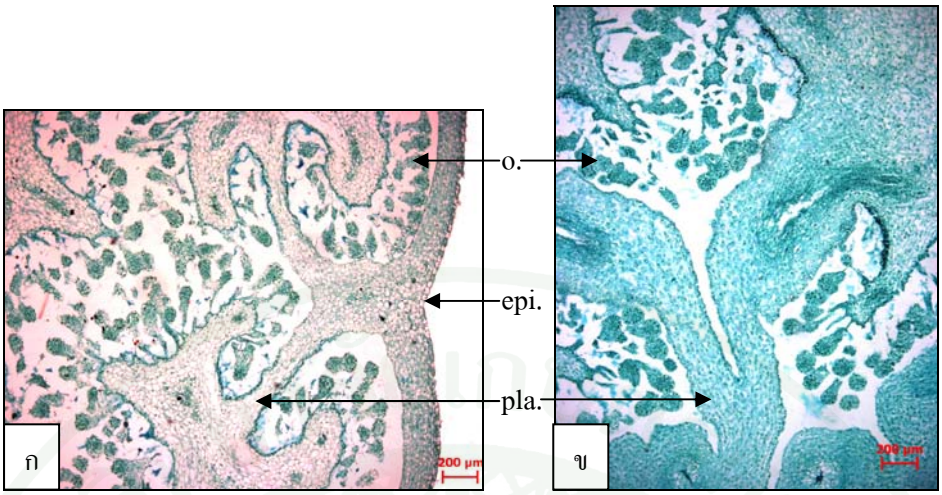


ภาพที่ 59 ก้านเกสรเพศเมียว่านดอกสามสีตัดตามยาว, epi. = epidermis; pm. = parenchyma; tt. = transmitting tissue; st.c. = stylar canal

3.3.5.3 รังไข่ (ovary)

เมื่อตัดตามขวางพบว่า รังไข่ว่านดอกสามสีมี 1 ช่อง 2 คาร์เพล มีการเรียงพลาเซนตาแบบพลาเซนตาตามแนวตะเข็บ (ภาพที่ 60ก) ผนังรังไข่ ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา เมื่อตัดตามยาวพบว่า พลาเซนตาประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาทั้งหมด ออวุลขนาดเล็ก จำนวนมาก (ภาพที่ 60ข)

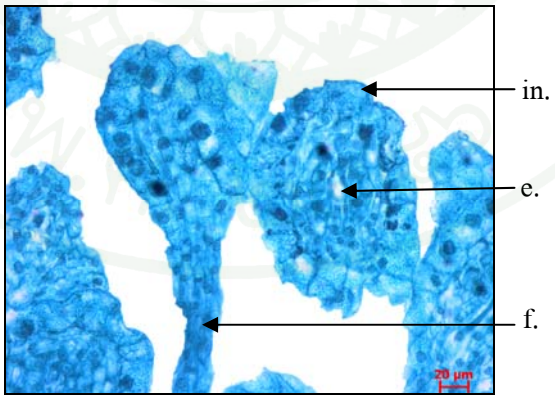
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 60 รังไข่ว่านดอกสามสีตัดตามขวาง (ก) และตัดตามยาว (ข), epi. = epidermis; pla. = placenta; o. = ovule

3.3.5.4 ออวุล (ovule)

ออวุลของว่านดอกสามสีมีขนาดเล็กมาก มีลักษณะเป็นรูปไข่ ก้านออวุล (funiculus) ค่อนข้างยาว ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่เห็นนิวเคลียสชัดเจน ผนังออวุล (integument) ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมา 1 ชั้นเซลล์ เมื่อทดสอบด้วยสารละลายไอโอดีน พบว่ามีเม็ดแป้งสะสมอยู่ภายในเซลล์ชั้นของผนังออวุลจำนวนมาก (ภาพที่ 61)



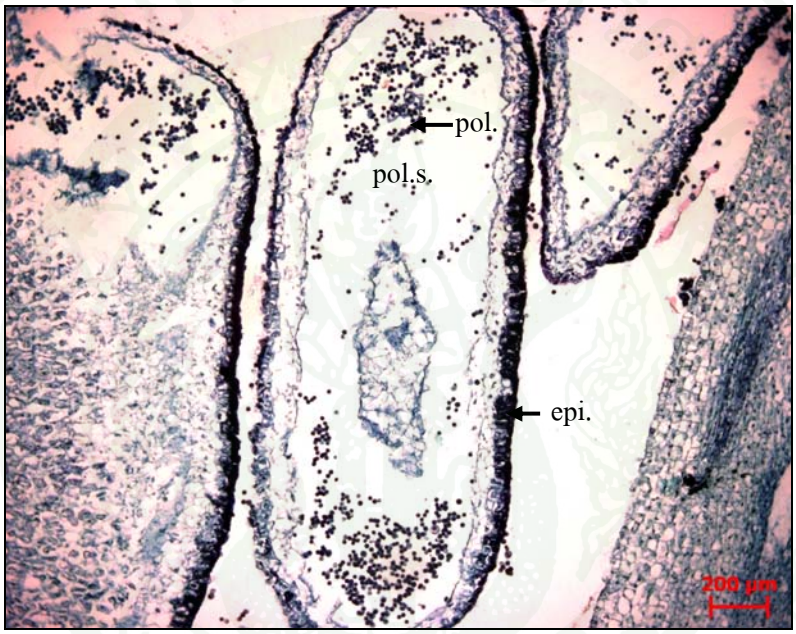
ภาพที่ 61 ออวุลว่านดอกสามสี, in. = integument; e. = egg; f. = funiculus

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3.6 เกสรเพศผู้ (stamen)

3.3.6.1 อับเรณู (anther)

อับเรณูของว่านดอกสามสีมี 4 อัน ติดอยู่บนหลอดกลีบดอก ชั้นนอกสุดคือเนื้อเยื่อชั้นผิวซึ่งประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมา ตรงกลางคือโพรงอับเรณู 1 โพรง ซึ่งมีเรณูอยู่ภายใน (ภาพที่ 62)



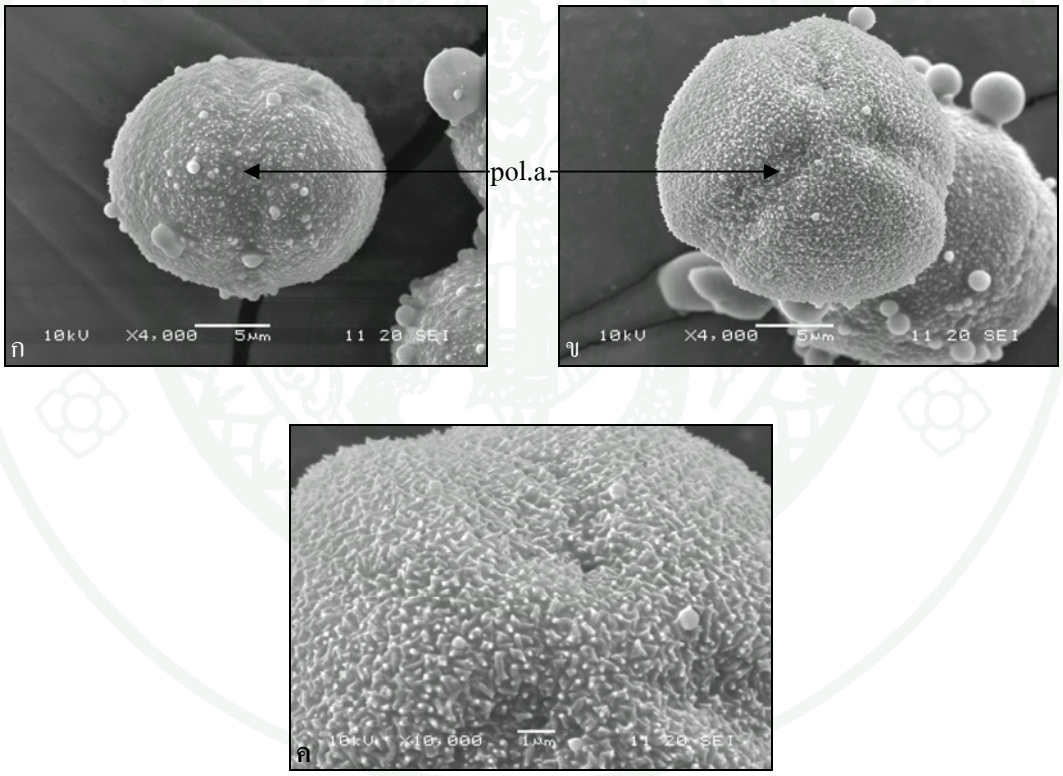
ภาพที่ 62 อับเรณูว่านดอกสามสีตัดตามยาว, epi. = epidermis; pol. = pollen; pol.s. = pollen sac

3.3.6.2 เรณู (pollen)

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานของเรณูว่านดอกสามสีด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า การปรากฏ (pollen occurring) ของเรณูว่านดอกสามสีเป็นลักษณะของเรณูเดี่ยว (monad) ที่แยกอิสระจากกันเมื่อปล่อยออกจากอับเรณู ขั้วเรณูมีลักษณะเป็นขั้วเหมือน (isopolar) มีสมมาตรเรณู (pollen symmetry) แบบ radial symmetry เมื่อวัดขนาดของเรณู (pollen size) ที่แนวแกนขั้ว (polar axis; P) พบว่ามีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 21.7 µm โดยพบเรณูที่มีความยาวที่แนวแกนขั้วมากที่สุด 23 µm และพบเรณูที่มีความยาวที่แนวแกนขั้วน้อยที่สุด 20 µm เมื่อวัดขนาดของเรณูที่แนวแกนศูนย์สูตร (equatorial axis; E) พบว่ามีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 24.3 µm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยพบเรณูที่มีความยาวที่แนวแกนศูนย์สูตรมากที่สุด 25 µm และพบเรณูที่มีความยาวที่แนวแกนศูนย์สูตรน้อยที่สุด 22 µm เมื่อวัดขนาดของเรณูที่แนว amb (ambitus) พบว่ามีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 23 µm โดยพบเรณูที่มีความยาวที่แนว amb มากที่สุด 25 µm และพบเรณูที่มีความยาวที่แนว amb น้อยที่สุด 20 µm เมื่อจัดกลุ่มของขนาดเรณู (size group) โดยใช้ค่าของแกนเรณูที่ยาวที่สุด คือแกนศูนย์สูตร พบว่า เรณูว่านดอกสามสีจัดอยู่ในกลุ่มเรณูขนาดเล็ก (small grain) รูปทรงเรณู (pollen shape) ของว่านดอกสามสีเป็นรูปทรงกลม (spherical) รูปร่างเรณูที่มองด้านศูนย์สูตร (equatorial shape) เป็นแบบ oblate-spheroidal เมื่อมองด้านขั้ว (polar view) ที่แนว amb พบว่าเป็นแบบ circular ช่องเปิดเรณู (pollen aperture) เป็นแบบ tricolpate โดยมีลักษณะเป็นช่องเปิดเดี่ยว (simple aperture) ที่เป็นแนวยาวจากขั้วหนึ่งไปสู่อีกขั้วหนึ่งโดยช่องเปิดไม่เชื่อมกัน (ภาพที่ 63ก) จำนวน 3 ช่องเปิด (ภาพที่ 63ข) ลวดลายบนผนังเรณู (exine sculpturing) เป็นลายติ่งหนาม (scabrate) (ภาพที่ 63ค)

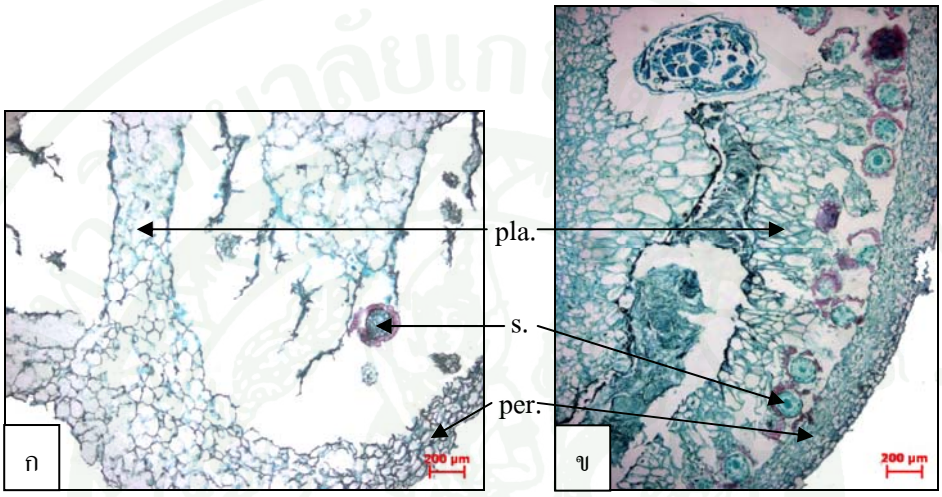


ภาพที่ 63 เรณูว่านดอกสามสี, (ก-ข) ช่องเปิด, (ค) ลวดลายบนผนังเรณู, pol.a. = pollen aperture

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3.7 ผล (fruit)

ผลของว่านดอกสามสีเป็นผลแห้งที่แตกเมื่อแก่ (dehiscent dry fruit) แบบ loculicidal capsule เมื่อตัดตามขวาง (ภาพที่ 64ก) และตัดตามยาว (ภาพที่ 64ข) ในขณะที่ผลยังไม่แห้งแตก พบว่า ผนังผลประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาทั้งหมด และพบเมล็ดภายในผลจำนวนมาก

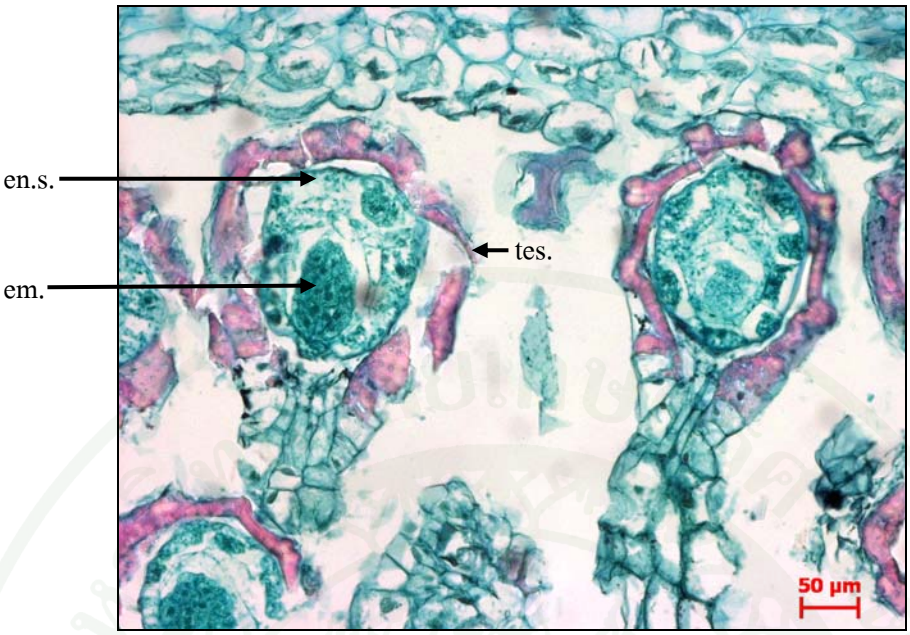


ภาพที่ 64 ผลว่านดอกสามสี, pla. = placenta; per. = pericarp; s. = seed

3.3.8 เมล็ด (seed)

เมล็ดของว่านดอกสามสีมีขนาดเล็กมาก มีลักษณะเป็นรูปไข่ (ovate) เอ็มบริโอเป็นแบบ solanad type มีเอนโดสเปิร์มแบบ cellular type ชั้น testa ซึ่งแจริญมาจาก integument เป็นเซลล์ brachysclereid ที่มีโครงสร้างแข็งแรง (ภาพที่ 65)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 65 เมล็ดว่านดอกสามสี, en.s. = endosperm; em. = embryo; tes. = testa

4. พัฒนาการและวัฏจักรชีวิตของดอกดินในประเทศไทย

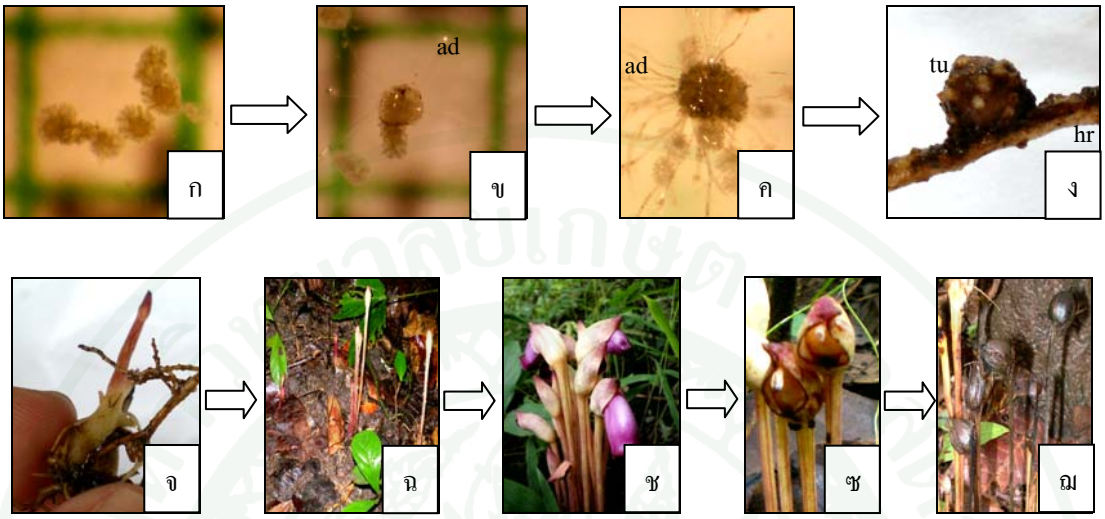
4.1 พัฒนาการของดอกดินในประเทศไทย

4.1.1 ดอกดินแดง

จากการศึกษาพัฒนาการในสภาพปลอดเชื้อและในสภาพธรรมชาติของดอกดินแดงในระยะต่างๆ ของการเจริญเติบโต พบว่า เมื่อกระบวนการงอกของเมล็ด (seed germination) เริ่มต้น พบการแบ่งเซลล์ภายในเปลือกเมล็ด (seed coat) และเจริญเป็นกลุ่มเซลล์ออกมาทางด้านบนของช่องเปิด (aperture) ของเปลือกเมล็ดซึ่งมีรูปร่างคล้ายผลมัลเบอร์รี่ (mulberry shape) และพัฒนาไปเป็นปุ่ม (tubercle) เรียกระยะนี้ว่า tubercle formation ในระยะนี้พบการเจริญของรากพิเศษ (adventitious root) โดยรอบ tubercle ด้วย เมื่อ tubercle เชื่อมต่อกับรากของพืชให้อาศัย (host) พบการเจริญของรากเบียน (haustorium) เจาะเข้าสู่ท่อลำเลียงน้ำและอาหาร (vascular bundle) ของรากพืชให้อาศัย จากนั้นจึงมีการพัฒนาโครงสร้างของดอกจาก tubercle เรียกระยะนี้ว่า developing shoot จนกระทั่งชูดอกขึ้นสู่เหนือดิน เมื่อได้รับการผสมแล้ว กลีบดอก (corolla) และเกสรเพศผู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(stamen) จะร่วงหลุดไป คงเหลือไว้แต่กลีบเลี้ยง (calyx) เมื่อผลแก่จะแตกออกแบบ loculicidal capsule และกระจายเมล็ดลงสู่ดิน (ภาพที่ 66)

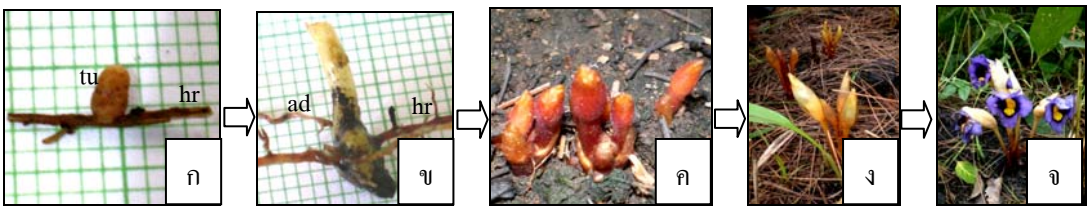


ภาพที่ 66 พัฒนาการของดอกดินแดง, (ก) เมล็ด; (ข) เมล็ดเริ่มงอกและมีการพัฒนาของ tubercle และ adventitious root ระยะที่ 1; (ค) adventitious root เจริญยืดยาวมากขึ้น; (ง) tubercle ระยะที่เกาะติดกับรากพืชให้อาศัย; (จ) tubercle เริ่มพัฒนาโครงสร้างของดอก; (ฉ) ระยะดอกโผล่พ้นดิน; (ช) ระยะดอกบาน; (ซ) ระยะติดผล; (ฌ) ผลแก่จะแตกแบบ loculicidal capsule, ad = adventitious root; tu = tubercle; hr = host root

4.1.2 เอื้องดิน

จากการศึกษาพัฒนาการของเอื้องดินในสภาพธรรมชาติในระยะต่างๆ ของการเจริญเติบโต พบการเจริญของปุ่ม (tubercle) เรียกระยะนี้ว่า tubercle formation ในระยะนี้พบการเจริญของรากพิเศษ โดยรอบ tubercle ด้วย เมื่อ tubercle เชื่อมต่อกับรากของพืชให้อาศัยพบการเจริญของรากเบียนเจาะเข้าสู่ท่อลำเลียงน้ำและอาหารของรากพืชให้อาศัย จากนั้นจึงมีการพัฒนาโครงสร้างของดอกจาก tubercle เรียกระยะนี้ว่า developing shoot จนกระทั่งชูดอกขึ้นสู่เหนือดิน เมื่อได้รับการผสมแล้ว กลีบดอกและเกสรเพศผู้จะร่วงหลุดไป คงเหลือไว้แต่กลีบเลี้ยง เมื่อผลแก่จะแตกออกแบบ loculicidal capsule และกระจายเมล็ดลงสู่ดิน (ภาพที่ 67)

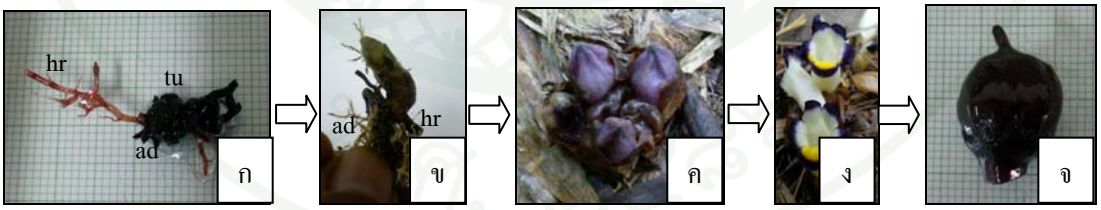
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 67 พัฒนาการของเอื้องดินในสภาพธรรมชาติ, (ก) ระยะ tubercle เกาะติดกับรากพืชให้อาศัย; (ข) การพัฒนาของยอดและ adventitious root; (ค) ระยะดอกเจริญพ้นดิน; (ง) ระยะดอกตูม; (จ) ระยะดอกบาน, ad = adventitious root; tu = tubercle; hr = host root

4.1.3 ว่านดอกสามสี

จากการศึกษาพัฒนาการของว่านดอกสามสีในสภาพธรรมชาติ พบการเจริญของปุ่ม (tubercle) เรียกระยะนี้ว่า tubercle formation ในระยะนี้พบการเจริญของรากพิเศษโดยรอบ tubercle ด้วย เมื่อ tubercle เชื่อมต่อกับรากของพืชให้อาศัย พบการเจริญของรากเบียนเจาะเข้าสู่ท่อลำเลียงน้ำและอาหารของรากพืชให้อาศัย จากนั้นจึงมีการพัฒนาโครงสร้างของดอกจาก tubercle เรียกระยะนี้ว่า developing shoot จนกระทั่งชูดอกขึ้นสู่เหนือดิน เมื่อได้รับการผสมแล้ว กลีบดอกและเกสรเพศผู้จะร่วงหลุดไป คงเหลือไว้แต่กลีบเลี้ยง เมื่อผลแก่จะแตกออกแบบ loculicidal capsule และกระจายเมล็ดลงสู่ดิน (ภาพที่ 68)



ภาพที่ 68 พัฒนาการของว่านดอกสามสีในสภาพธรรมชาติ, (ก) ระยะ tubercle เกาะติดกับรากพืชให้อาศัย; (ข) การพัฒนาของยอดและ adventitious root; (ค) ระยะดอกเจริญพ้นดิน; (ง) ระยะดอกบาน; (จ) ระยะติดผล ผลแก่จะแตกแบบ loculicidal capsule, ad = adventitious root; tu = tubercle; hr = host root

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 วัฏจักรชีวิตของดอกดินในประเทศไทย

4.2.1 ดอกดินแดง

วัฏจักรชีวิตของดอกดินแดงเริ่มจากเมล็ดที่พักตัวอยู่ในดินนานข้ามปี เมื่อได้รับสัญญาณทางเคมี (chemical signal) จากรากพืชที่เป็นผู้ให้อาศัย โดยมีน้ำฝนที่ตกลงมาเป็นตัวทำละลาย ก็จะเริ่มงอกและแทงรากเบียนเข้าไปในเนื้อเยื่อท่อลำเลียงน้ำและอาหารของรากพืชที่เป็นผู้ให้อาศัย จากนั้นจึงพัฒนาเป็นปุ่มที่มีตุ่มเล็กๆ ยื่นออกมา และเริ่มเจริญเป็นโครงสร้างของดอกชูขึ้นเหนือดิน ในระยะนี้จะพบการเจริญของรากพิเศษ เพื่อค้ำจุนโครงสร้าง และเพิ่มขีดความสามารถในการดูดซึมและลำเลียงน้ำ เมื่อดอกบานและติดผลแล้ว ผลแก่จะแตกออกปล่อยเมล็ดลงสู่ดินและเข้าสู่ระยะพักตัวและจะงอกในปีถัดไป (ภาพที่ 69)

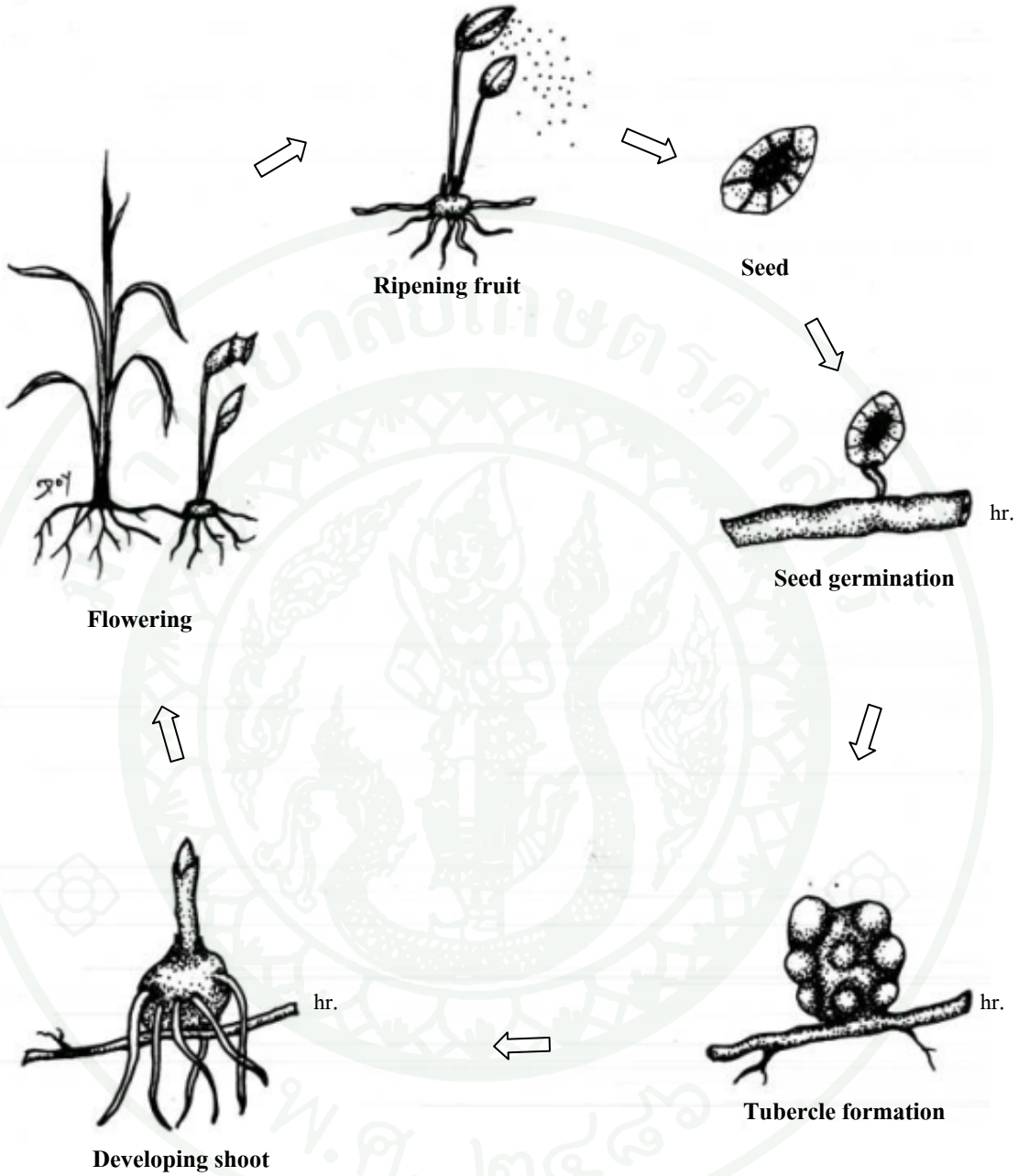
4.2.2 เอื้องดิน

วัฏจักรชีวิตของเอื้องดินเริ่มจากเมล็ดที่พักตัวอยู่ในดินนานข้ามปี เมื่อได้รับสัญญาณทางเคมีจากรากพืชที่เป็นผู้ให้อาศัย โดยมีน้ำฝนที่ตกลงมาเป็นตัวทำละลาย ก็จะเริ่มงอกและแทงรากเบียนเข้าไปในเนื้อเยื่อท่อลำเลียงน้ำและอาหารของรากพืชที่เป็นผู้ให้อาศัย จากนั้นจึงพัฒนาเป็นปุ่มที่มีลักษณะผิวเรียบ จากนั้นจึงเจริญเป็นโครงสร้างของดอกชูขึ้นเหนือดิน โดยจะพบการเจริญของรากพิเศษเพื่อค้ำจุนโครงสร้าง และเพิ่มขีดความสามารถในการดูดซึมและลำเลียงน้ำ เมื่อดอกบานและติดผลแล้ว ผลแก่จะแตกออก ปล่อยเมล็ดลงสู่ดินและเข้าสู่ระยะพักตัวและจะงอกในปีถัดไป (ภาพที่ 70)

4.2.3 ว่านดอกสามสี

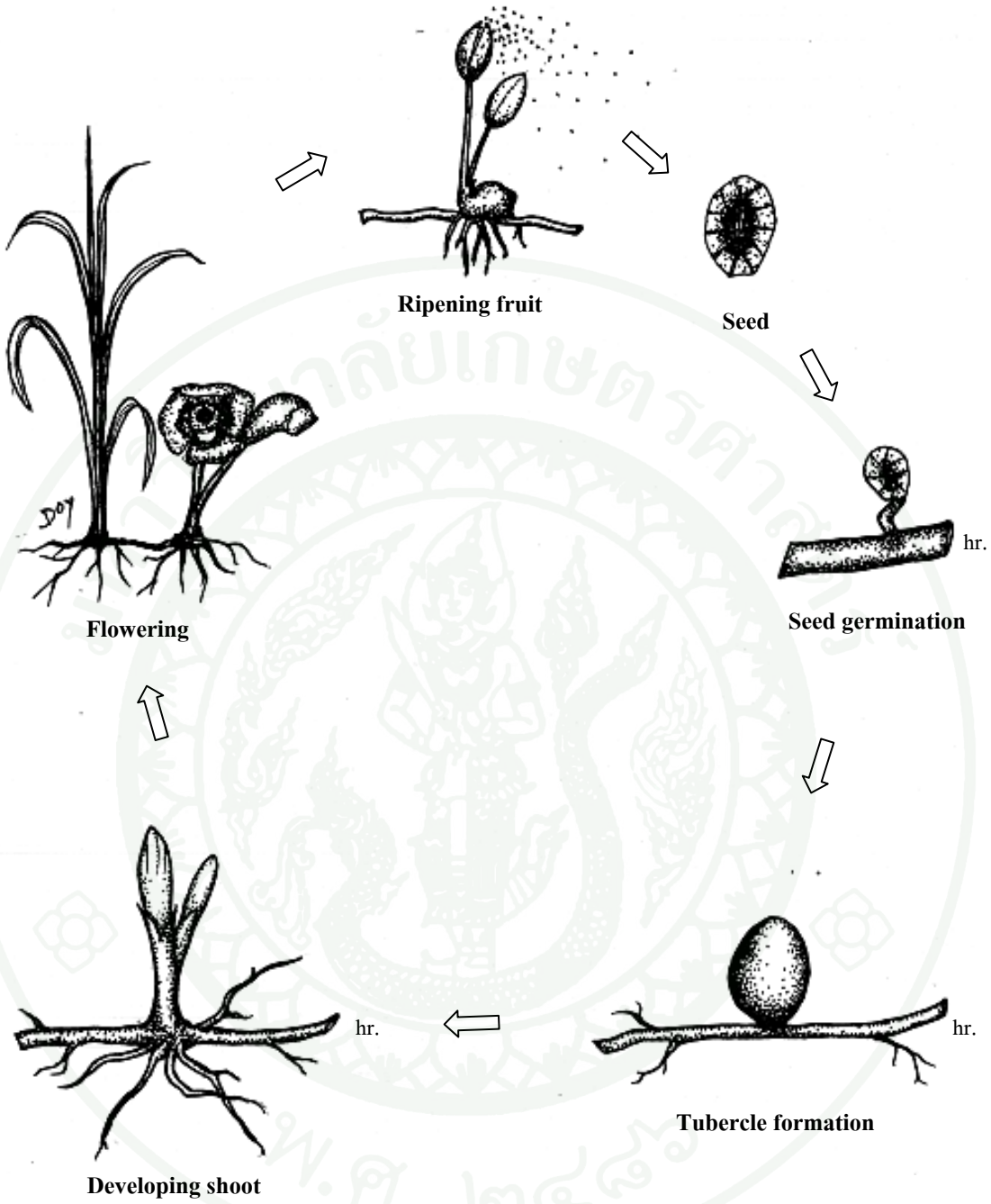
วัฏจักรชีวิตของว่านดอกสามสีเริ่มจากเมล็ดที่พักตัวอยู่ในดินนานข้ามปี เมื่อได้รับสัญญาณทางเคมีจากรากพืชที่เป็นผู้ให้อาศัย โดยมีน้ำฝนที่ตกลงมาเป็นตัวทำละลาย ก็จะเริ่มงอกและแทงรากเบียนเข้าไปในเนื้อเยื่อท่อลำเลียงน้ำและอาหารของรากพืชที่เป็นผู้ให้อาศัย จากนั้นจึงพัฒนาเป็นปุ่มที่มีตุ่มเล็กๆ ยื่นออกมา และเริ่มเจริญเป็นโครงสร้างของดอกชูขึ้นเหนือดิน ในระยะนี้จะพบการเจริญของรากพิเศษ เพื่อค้ำจุนโครงสร้าง และเพิ่มขีดความสามารถในการดูดซึมและลำเลียงน้ำ เมื่อดอกบานและติดผลแล้ว ผลแก่จะแตกออกปล่อยเมล็ดลงสู่ดินและเข้าสู่ระยะพักตัวและจะงอกในปีถัดไป (ภาพที่ 71)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



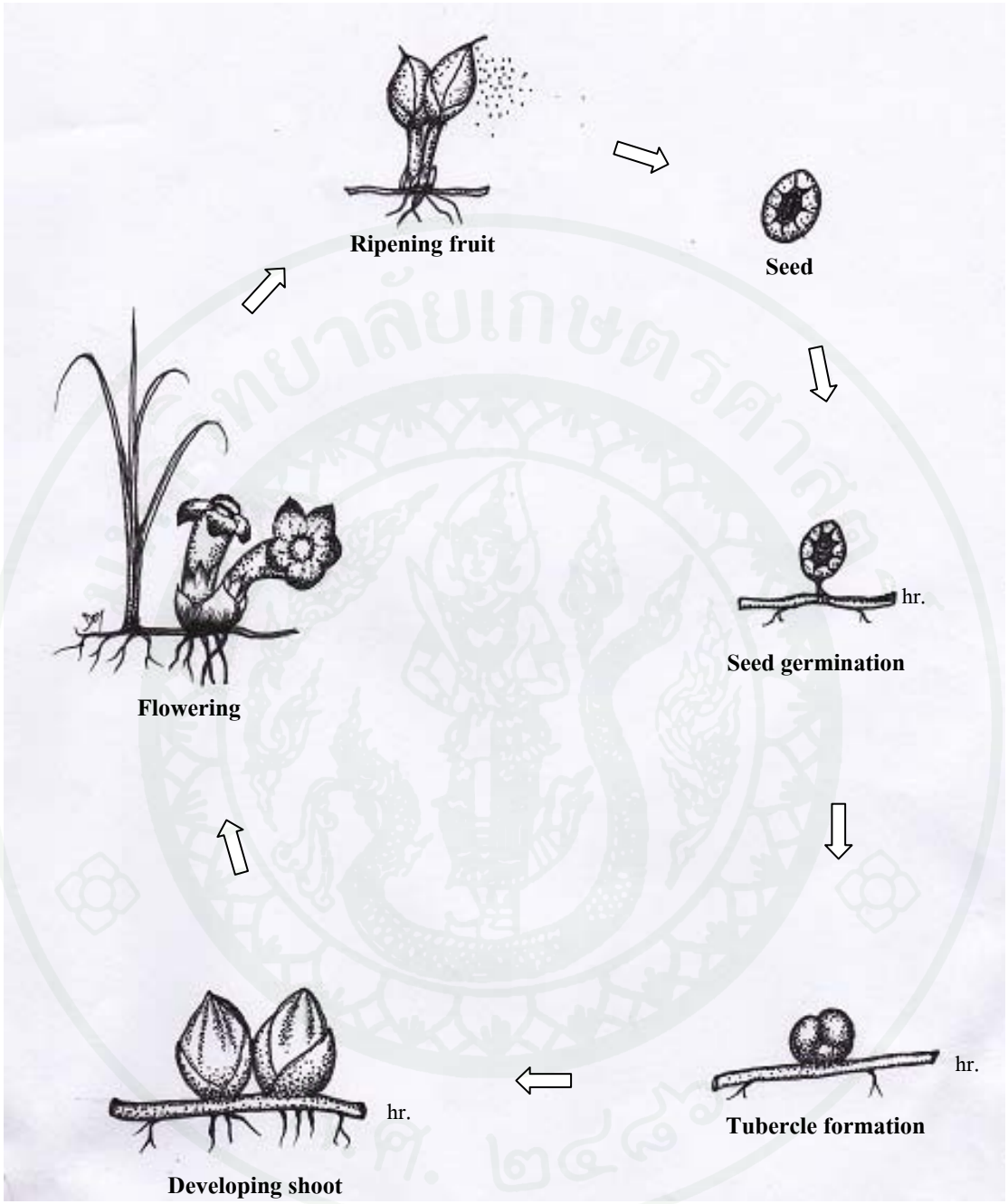
ภาพที่ 69 วัฏจักรชีวิตของดอกดินแดง, hr.= host root

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 70 วัฏจักรชีวิตของเอื้องดิน, hr.= host root

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 71 วัฏจักรชีวิตของว่านดอกสามสี, hr.= host root

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

1. สัณฐานวิทยาและความหลากหลายของดอกดินในประเทศไทย

พืชวงศ์ดอกดินในประเทศไทยพบ 2 สกุล 3 ชนิด ได้แก่ สกุล *Aeginetia* L. พบ 2 ชนิด คือ *A. indica* L. หรือดอกดินแดง และ *A. pedunculata* Wall. หรือเอื้องดิน สกุล *Christisonia* Gardner พบ 1 ชนิด คือ *C. siamensis* Craib หรือว่านดอกสามสี ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ สำนักงานหอพรรณไม้ (2552), Craib and Kerr (1962) และ Parnell (2001, 2008) นอกจากนี้ สำนักงานหอพรรณไม้ (2552) ได้รายงานเพิ่มเติมว่าในจังหวัดนราธิวาสพบดอกดินในสกุล *Christisonia* ที่มีดอกสีขาว ลักษณะใกล้เคียงกับ *C. scorthechinii* Prain ที่พบทางคาบสมุทรมลายู หรือ *C. wightii* Elmer ที่พบในฟิลิปปินส์ แต่ก็ยังไม่มีข้อมูลตัวอย่างพรรณไม้แห้งหรือตัวอย่างพรรณไม้ดองมายืนยันแต่อย่างใด อีกทั้งพื้นที่ป่าในเขตจังหวัดนราธิวาสเป็นพื้นที่ในเขตสามจังหวัดชายแดนภาคใต้ที่ยังมีเหตุการณ์รุนแรงอยู่ ผู้วิจัยจึงไม่สามารถเดินทางไปสำรวจในพื้นที่ดังกล่าวได้ ในส่วนพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ที่ผู้วิจัยได้เดินทางไปสำรวจ พบดอกดินในสกุล *Christisonia* ที่มีลักษณะทางสัณฐานคล้ายกับว่านดอกสามสีเกือบทุกประการ ยกเว้นสีของกลีบดอกที่เป็นสีขาวอมเหลืองและมีรอยแต้มสีเหลืองบริเวณกลีบปากล่าง แต่จากการศึกษาพร้อมผู้เชี่ยวชาญแล้ว พบว่า ดอกดินที่พบเป็นเพียง variation ของว่านดอกสามสีเท่านั้น

2. นิเวศวิทยาและการกระจายพันธุ์ของดอกดินในประเทศไทย

พบดอกดินเป็นพืชพื้นล่าง ดอกดินแดงพบในป่าดิบแล้ง และป่าเต็งรัง ที่มีความชื้นสูง พบได้ทั้งป่าทึบและป่าโปร่งที่ไม่ค่อยมีแสงมากนัก บางครั้งอาจพบได้ตามข้างทางบริเวณเขาหินปูน เอื้องดินมักพบในบริเวณทุ่งหญ้าที่มีความชื้นสูงและไม่มีแสงมากนัก ส่วนว่านดอกสามสีพบเฉพาะในป่าไผ่ที่มีความชื้นสูงและแสงส่องไม่ถึง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Craib and Kerr (1962) และ Parnell (2001, 2008) ดอกดินทั้ง 3 ชนิด ออกดอกในช่วงเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนตุลาคม ซึ่งตรงกับฤดูฝนในประเทศไทย สอดคล้องกับการศึกษาของ Tiagi (1952), Auttachoat (2003) และ Ray and Dasgupta (2010a)

การศึกษาชนิดของพืชที่ให้อาศัยของดอกดินแดงพบรูปแบบของพืชให้อาศัยที่ส่วนใหญ่เป็นไม้ต้น และไม้เลื้อย ส่วนไม้ล้มลุกพบเพียง 1 ชนิดเท่านั้น โดยพืชที่ถูกดอกดินแดงเบียนมากที่สุดคือพืชวงศ์กลอย อาจเนื่องมาจากพืชวงศ์กลอยมีรากที่เป็น modified root ทำหน้าที่สะสมอาหาร (storage root) อยู่ใต้ดิน อาจทำให้ดอกดินแดงสามารถดูดซึมธาตุอาหารจากพืชให้อาศัยได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ง่ายขึ้น ซึ่งไม่เคยมีรายงานไว้มาก่อน เอื้องดิน พบรูปแบบของพืชให้อาศัยเป็นไม้ล้มลุกที่เป็นพืชวงศ์หญ้าทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ray and Dasgupta (2009) ส่วนว่านดอกสามสี พบรูปแบบของพืชให้อาศัยเป็นไม้ล้มลุกในกลุ่มไผ่ และมีเพียงชนิดเดียวเท่านั้น คือ ไผ่ข้าวหลาม ซึ่งถือว่ามีความเฉพาะเจาะจงมาก และยังไม่เคยมีรายงานมาก่อน อย่างไรก็ตาม การที่พืชวงศ์ดอกดินมีความสามารถเบียนพืชชนิดอื่นได้แตกต่างกันอาจเนื่องมาจากรากพืชให้อาศัยแต่ละชนิดกับพืชวงศ์ดอกดินแต่ละชนิดนั้นมีความเฉพาะเจาะจงซึ่งกันและกัน รากพืชให้อาศัยอาจปลดปล่อยสารบางอย่างที่ทำหน้าที่เป็นสัญญาณโมเลกุล (signal molecule) ออกมาทำให้เมล็ดพืชวงศ์ดอกดินบางชนิดที่พักตัวอยู่ได้รับสัญญาณกระตุ้นจึงเกิดการงอก (Bandaranayake *et al.,* 2010) ซึ่งมีรายงานว่ารากพืชที่เป็นผู้ให้อาศัยปลดปล่อยสาร strigolactone ทำหน้าที่เป็นสัญญาณโมเลกุลชักนำให้เมล็ดพืชวงศ์ดอกดินบางสกุลงอกได้ (Yoneyama *et al.*, 2008) การศึกษาในครั้งนี้ยังมีพืชผู้ให้อาศัยบางชนิดที่ไม่สามารถระบุชนิดได้ เนื่องจากช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างนั้น พืชที่เป็นผู้ให้อาศัยนั้นยังไม่ออกดอก จึงไม่สามารถระบุชนิดได้ อย่างไรก็ตาม ในต่างประเทศมีรายงานที่พบว่าดอกดินแดงและเอื้องดินสามารถเบียนรากของอ้อยได้ซึ่งทำให้เกิดปัญหากับผลผลิตของอ้อยที่ต่ำลงในฟิลิปปินส์ (Ray and Dasgupta, 2010b) และอินเดีย (Ray and Dasgupta, 2009, 2010a) สำหรับในประเทศไทยไม่พบปัญหาดังกล่าว เนื่องจากพืชวงศ์ดอกดินในประเทศไทยพบได้เฉพาะในป่าที่เฉพาะเจาะจงกับถิ่นที่อยู่มาก อีกทั้งไม่เคยมีรายงานพบพืชวงศ์ดอกดินในเขตเกษตรกรรมของประเทศไทยจึงทำให้ไม่เป็นปัญหากับพืชผลทางการเกษตรของประเทศไทยแต่อย่างใด

การกระจายพันธุ์ของพืชวงศ์ดอกดินในประเทศไทย พบว่าดอกดินแดงสามารถพบได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย แต่ในส่วนของภาคใต้นั้น พบดอกดินแดงกระจายพันธุ์ลงไปใต้สุดที่บริเวณตอนบนของจังหวัดพังงาเท่านั้น ในขณะที่ Craib and Kerr (1962) และ Panell (2001) รายงานว่าพบดอกดินแดงกระจายพันธุ์ลงไปถึงจังหวัดภูเก็ต และ Panell (2008) พบดอกดินแดงกระจายพันธุ์ลงไปถึงจังหวัดตรังด้วย เอื้องดินพบในภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันตก และทางฝั่งตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ไม่พบในภาคตะวันออกและภาคใต้ ในขณะที่ Craib and Kerr (1962) พบการกระจายพันธุ์ของเอื้องดินในภาคตะวันออกในจังหวัดปราจีนบุรีและจังหวัดสระแก้ว และ Panell (2001, 2008) พบเอื้องดินในภาคใต้ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช ส่วนว่านดอกสามสีพบเฉพาะภาคเหนือ ภาคตะวันตก ในส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบเฉพาะที่จังหวัดเลย ภาคกลาง พบเฉพาะที่จังหวัดเพชรบูรณ์ และภาคใต้ พบเฉพาะที่จังหวัดชุมพร ไม่พบในภาคตะวันออก ในขณะที่ Craib and Kerr (1962) และ Panell (2001, 2008) รายงานว่าไม่พบว่านดอกสามสีในภาคกลางและภาคใต้ สาเหตุที่ไม่พบพืชวงศ์ดอกดินทั้ง 3 ชนิด ในบริเวณภาคใต้ตอนล่างอาจเนื่องมาจากถิ่นที่อยู่ของพืชวงศ์ดอกดินนั้นเป็นป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ ป่าไผ่ และทุ่งหญ้า เป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะของป่าผลัดใบ (deciduous forest) (ธวัชชัย, 2550) ซึ่งป่าดังกล่าวไม่พบในภาคใต้ตอนล่าง ทำให้ขาดชนิดของพืชให้อาศัยที่เหมาะสม หรืออาจจะมีปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องด้วยซึ่งต้องมีการศึกษาในรายละเอียดต่อไป

3. กายวิภาคของดอกดินในประเทศไทย

ดอกดินทั้งสามชนิด มีลักษณะทางกายวิภาคที่ประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาเป็นส่วนใหญ่ ส่วนของรากเบียนของดอกดินแดงพบการเจริญของรากพิเศษที่เกิดจากการแบ่งเซลล์ของเนื้อเยื่อชั้นผิว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tiagi (1952) และ French and Sherman (1976) อีกทั้งยังพบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอาศัยอยู่ภายใน tubercle ของดอกดินแดงและเอื้องดินด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ Li and Guan (2008) ที่กล่าวว่าในพืชวงศ์ดอกดินบางชนิดอาจมีการเจริญของสิ่งมีชีวิตจำพวก microorganism บางชนิดภายในรากเบียน เช่น ราอาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา เป็นต้น โดยดำรงชีพแบบพึ่งพาอาศัยกัน ในส่วนของลำต้นและก้านดอกมีลักษณะทางกายวิภาคที่คล้ายกันมาก

เมื่อตัดดอกว่านดอกสามสีตามขวาง พบหนอนซึ่งเป็นตัวอ่อนของแมลงไม่ทราบชนิดเป็นจำนวนมาก ทำให้โครงสร้างของอับเรณูหายไปเนื่องจากถูกหนอนกัดกิน คงเหลือแต่เพียงก้านชูอับเรณูเท่านั้น จึงสันนิษฐานได้ว่า ว่านดอกสามสีน่าจะมีความสัมพันธ์กับวัฏจักรชีวิตของแมลงชนิดใดชนิดหนึ่ง โดยอาจจะเป็นแหล่งวางไข่ของแมลงชนิดนี้ รวมไปถึงเป็นแหล่งอาหารและแหล่งหลบภัยให้กับตัวอ่อนของแมลงชนิดนี้ก็เป็นได้ ซึ่งจะต้องมีการศึกษานิเวศวิทยาในเชิงลึกต่อไป รวมไปถึงตัวอ่อนของแมลงชนิดนี้อาจเป็นพาหะเรณู (pollinator) สำคัญในการช่วยถ่ายละอองเรณูของว่านดอกสามสีด้วย ในส่วนของกลีบดอกของดอกดินทั้งสามชนิดพบต่อมที่ทำหน้าที่ในการผลิตสารเมือก (capitate gland) เพื่อช่วยป้องกันอันตรายต่อโครงสร้างของดอก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tiagi (1952) ซึ่งรายงานการพบต่อมนี้ภายในกลีบดอกของดอกดินแดง ออวุลภายในรังไข่ของดอกดินทั้งสามชนิดมีเอ็มบริโอแบบ solanad type มีเอ็นโดสเปิร์มแบบ cellular type ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tiagi (1952), Raju and Chamaiah (1971), Teryokhin (2006) และ Chen and Hsiao (2011)

เมื่อศึกษาเรณูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า เรณูดอกดินทั้งสามชนิดจัดอยู่ในกลุ่มเรณูขนาดเล็ก โดยพบเรณูทั้งหมดมีขนาดไม่เกิน 25 μm โดยมีช่องเปิดแบบ tricolpate และมีลวดลายบนผนังเรณูแบบ scabrate และ finelyscabrate ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของ Raju and Chamaiah (1971), Lu *et al*. (2007) และ Shavvon and Mehrvarz (2010) แต่วิธีการศึกษาเรณูดอกดินทั้งสามชนิดในครั้งนี้นั้น ไม่ได้เตรียมตัวอย่างเรณูโดยวิธี acetolysis ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการวิเคราะห์ลวดลายบนผนังเรณู ในส่วนของผลและเมล็ดนั้นสามารถศึกษาได้เพียงผลและเมล็ดของดอกดินแดงและว่านดอกสามสีเท่านั้น ในส่วนของเอื้องดินนั้นไม่สามารถศึกษาได้ เนื่องจากในการศึกษาภาคสนามนั้น การเก็บตัวอย่างเอื้องดินให้ครบทุกระยะการเจริญเติบโตในสภาพธรรมชาตินั้น เป็นเรื่องที่ยากมาก เนื่องจากมีการติดผลน้อยมาก รวมไปถึงเอื้องดินเองเป็นพืชที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ทำให้การเจริญไม่เป็นไปตามธรรมชาติอย่างที่ควรจะเป็น รวมไปถึงเอื้องดินอยู่ในสถานะพืชหายาก (rare plant) ทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถเก็บตัวอย่างเอื้องดินในระยะที่ติดผลแล้วได้ ส่วนดอกดินแดงและว่านดอกสามสีนั้นมีผลแบบ capsule ที่มีเมล็ดขนาดเล็กภายในจำนวนมาก โดยเมล็ดของพืชวงศ์ดอกดินนั้นเป็นแบบรังผึ้ง (alveolate) สอดคล้องกับการศึกษาของ Shavvon and Mehrvarz (2010) ในส่วนของเมล็ดดอกดินแดงนั้นมี testa เป็นแบบ reticulately-thickened secondary walls สอดคล้องกับการศึกษาของ Tiagi (1952) และ Chen and Hsiao (2011) ในขณะที่ชั้น testa ของว่านดอกสามสีนั้นเป็นสเคลอเรงคิมา (sclerenchyma) ชนิด brachysclereid ที่มีผนังหนามากและมองเห็น simple pit อย่างชัดเจน ซึ่งแตกต่างจากเมล็ดของดอกดินชนิดอื่น และไม่เคยมีรายงานที่ใดมาก่อน

เมื่อศึกษาการงอกของเมล็ดดอกดินแดงบนอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตในที่มืดในสภาพปลอดเชื้อเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า เมล็ดดอกดินแดงสามารถงอกและเจริญได้ โดยในเดือนที่ 2 เริ่มมีการเจริญของเอ็มบริโอออกจาก testa ทางรูไมโครไพล์โดยมีลักษณะเป็นแบบ mulberry shaped ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ French and Sherman (1976) จนกระทั่งในเดือนที่ 4 ชั้น testa ก็จะหลุดออกไป และพัฒนาเป็นยอด (shoot) ในเดือนที่ 6 และหยุดการเจริญเติบโตในที่สุด อาจเนื่องมาจากถึงระยะที่จำเป็นต้องมีรากพืชให้อาศัยเป็นตัวยึดเกาะแล้ว แต่อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ถือเป็นการรายงานครั้งแรกที่สามารถเพาะเมล็ดพืชวงศ์ดอกดินในสภาพปลอดเชื้อได้ด้วยอาหารสังเคราะห์สูตร MS โดยไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตใดๆ และไม่ใช้สารสกัดจากรากพืชที่ให้อาศัยผสมลงในอาหารด้วย ซึ่งจากรายงานของ Kato *et al.* (1984) ได้ทดลองเพาะเมล็ดดอกดินแดงในสภาพปลอดเชื้อในอาหารสูตร basal medium ที่เติมฮอร์โมนในกลุ่ม cytokinin และ Yoneyama *et al.* (2010) ได้เติมสาร strigolactone ซึ่งเป็น signal molecule กระตุ้นให้เมล็ดดอกดินงอก ในส่วนของปากใบนั้น จากการศึกษาครั้งนี้พบปากใบบนเซลล์ผิวของกลีบเลี้ยงเอื้องดินเพียงชนิดเดียวเท่านั้น ไม่พบในชนิดอื่น ซึ่งถือเป็นรายงานการพบปากใบครั้งแรกในพืชวงศ์ดอกดินด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. พัฒนาการและวัฏจักรชีวิตของดอกดิน

พัฒนาการและวัฏจักรชีวิตของพืชวงศ์ดอกดินในประเทศไทย พบว่า พืชวงศ์ดอกดินทั้ง 3 ชนิด มีพัฒนาการและวัฏจักรชีวิตที่คล้ายคลึงกันมาก โดยหลังจากเมล็ดงอกและแทงรากเบียนเข้าไปในรากพืชให้อาศัยแล้วจะมีการสร้างปุ่ม (tubercle) สอดคล้องกับการศึกษาของ Luque *et al.* (2008) และ Xie *et al.* (2010) และมีรายงานว่าเนื้อเยื่อโฟลเอ็ม (phloem) ภายในรากเบียนของดอกดินมีความเฉพาะเจาะจงกับโฟลเอ็มพืชให้อาศัย (Rajanna *et al.*, 2005) นอกจากนี้ยังพบการพัฒนาของรากพิเศษ (adventitious root) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Rajanna *et al.* (2005) และ Yoneyama *et al.* (2010) ซึ่งอาจพัฒนาขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่เป็นรากค้ำจุน (prop root) ซึ่งการศึกษาพัฒนาการและวัฏจักรชีวิตในเชิงลึกนั้นจะต้องมีการศึกษาลักษณะทางสัณฐาน สรีรวิทยา ชีววิทยาโมเลกุล และกายวิภาคของส่วนต่างๆ ในทุกระยะของการเจริญประกอบกัน

ในการศึกษาภาคสนามนั้น การเก็บตัวอย่างดอกดินทั้งสามชนิดให้ครบทุกระยะการเจริญเติบโตในสภาพธรรมชาตินั้น เป็นเรื่องที่ยากมาก โดยมีอุปสรรคทั้งเรื่องของการเดินทาง สภาพพื้นที่ที่ทุรกันดารยากแก่การเข้าถึง สภาพภูมิอากาศที่แปรปรวนอยู่ตลอดเวลา รวมไปถึงดอกดินเองที่เป็นพืชที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ทำให้การเจริญไม่เป็นไปตามธรรมชาติอย่างที่ควรจะเป็น รวมไปถึงดอกดินอยู่ในสถานะพืชหายาก (rare plant) และพืชถิ่นเดียว (endemic species) จากเหตุผลดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถเก็บตัวอย่างเอื้องดินในระยะที่ติดผลแล้วได้ ส่งผลให้ไม่สามารถศึกษาลักษณะทางกายวิภาคของผลและเมล็ดเอื้องดินได้เช่นกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ในประเทศไทย พบพืชในวงศ์ดอกดิน 3 ชนิด คือ ดอกดินแดง (*A. indica* L.) พบในป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง และอาจพบได้บริเวณเขาหินปูน ที่ความสูง 0 – 1,800 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล โดยมีความสามารถเบียนพืชได้หลายวงศ์ แต่พืชที่ถูกเบียนมากที่สุดคือพืชวงศ์กลอย เอื้องดิน (*A. pedunculata* Wall.) พบบริเวณทุ่งหญ้าที่ระดับความสูง 50 – 1,000 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล และมักจะเบียนพืชวงศ์หญ้าเป็นส่วนใหญ่ และว่านดอกสามสี (*C. siamensis* Craib) พบในป่าไผ่เท่านั้น ที่ความสูง 300 – 800 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล และพืชที่ถูกเบียนมีเพียงชนิดเดียวคือไผ่ข้าวหลาม พืชทั้ง 3 ชนิด ออกดอกในฤดูฝนระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนตุลาคม ดอกดินแดงพบได้ทุกภาคของประเทศ เอื้องดินพบเฉพาะภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันตก และฝั่งตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนว่านดอกสามสี พบเฉพาะภาคเหนือ และภาคตะวันตก ในส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบเฉพาะที่จังหวัดเลย ในขณะที่ภาคใต้พบเฉพาะที่จังหวัดชุมพรเท่านั้น พัฒนาการและวัฏจักรชีวิตของพืชทั้ง 3 ชนิดคล้ายกัน โดยเริ่มจากเมล็ดงอกและแทงรากเบียนเข้าไปในท่อลำเลียงของรากพืชที่เป็นผู้ให้อาศัยและพัฒนาเป็นปุ่ม (tubercle) จากนั้นจึงเจริญเป็นดอกชูขึ้นเหนือดิน เมื่อผลแก่จะแตกออกปล่อยเมล็ดจำนวนมากลงสู่ดิน เมล็ดจะพักตัวอยู่ข้ามปี

การศึกษาลักษณะทางกายวิภาคของพืชทั้ง 3 ชนิดนั้น พบว่า โครงสร้างเกือบทั้งหมดประกอบไปด้วยเซลล์พาเรงคิมาเป็นส่วนใหญ่ tubercle ของดอกดินแดงและเอื้องดินพบการเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอยู่ภายใน ในขณะที่ว่านดอกสามสีนั้นไม่พบ ส่วนของรากเบียนของดอกดินแดงพบการเจริญของรากพิเศษที่เกิดจากการแบ่งเซลล์ของเนื้อเยื่อชั้นผิว ในส่วนของลำต้นและก้านดอกของดอกดินทั้ง 3 ชนิดมีลักษณะทางกายวิภาคที่คล้ายกัน ในส่วนของกลีบดอกพบต่อมที่ทำหน้าที่ในการผลิตสารเมือก (capitate gland) เพื่อช่วยป้องกันอันตรายต่อโครงสร้างของดอก ออวุลภายในรังไข่ของดอกดินทั้งสามชนิดมีเอ็มบริโอแบบ solanad type มีเอ็นโดสเปิร์มแบบ cellular type เมื่อศึกษาเรณูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า เรณูดอกดินทั้งสามชนิดจัดอยู่ในกลุ่มเรณูขนาดเล็ก โดยพบเรณูทั้งหมดมีขนาดไม่เกิน 25 μm โดยมีช่องเปิดแบบ tricolpate และมีลวดลายบนผนังเรณูแบบ scabrate และ finelyscabrate ดอกดินแดงและว่านดอกสามสีมีผลแบบ capsule ที่มีเมล็ดขนาดเล็กภายในจำนวนมาก โดยเมล็ดของพืชวงศ์ดอกดินนั้นเป็นแบบรังผึ้ง (alveolate) เมล็ดดอกดินแดงนั้นมี testa เป็นแบบ reticulately-thickened secondary walls ในขณะที่ชั้น testa ของว่านดอกสามสีนั้นเป็น scleseid ชนิด brachysclereid ที่มีผนังหนามาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาเกี่ยวกับพืชวงศ์ดอกดินนั้น นอกจากจะศึกษาลักษณะทางสัณฐาน นิเวศวิทยา และกายวิภาคแล้ว ควรจะต้องมีการศึกษากระบวนการทางสรีรวิทยาและชีววิทยาโมเลกุลเพิ่มเติม เพื่อที่จะไขปัญหาเกี่ยวกับสารสัญญาณโมเลกุลที่กระตุ้นให้เมล็ดดอกดินงอกรวมไปถึงกระบวนการงอก การลำเลียงน้ำและอาหาร รวมไปถึงศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงว่า เพราะเหตุใดพืชกลุ่มนี้จึงสามารถดำรงชีพอยู่ได้เมื่อไม่มีคลอโรพลาสต์ และควรจะศึกษาเพิ่มเติมด้วยว่า เพราะเหตุใด ดอกดินในต่างประเทศจึงเป็นวัชพืชที่สำคัญและต้องกำจัดทิ้งแต่ดอกดินในประเทศไทยกลับเป็นพืชสมุนไพรที่มีสรรพคุณทางเภสัชและมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นประโยชน์และไม่ใช่วัชพืชแต่อย่างใด อย่างไรก็ตาม งานวิจัยชิ้นนี้เป็นเพียงงานวิจัยพื้นฐานที่สามารถนำไปต่อยอดทางด้านสรีรวิทยาและชีววิทยาโมเลกุลต่อไปได้ เพื่อที่จะนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. **พรรณไม้เกียรติประวัติของไทย**. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

ดอกรัก มารอด และ อุทิศ กุฏอินทร์. 2552. **นิเวศวิทยาป่าไม้**. พิมพ์ครั้งที่ 1. หจก. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เทียมใจ คมกฤส. 2542. **กายวิภาคของพฤกษ์**. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2549. **กายวิภาคของพฤกษ์**. พิมพ์ครั้งที่ 6. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธวัชชัย วงศ์ประเสริฐ. 2548. พรรณพืชกินได้บริเวณภูเขาหินปูน, น. 176-181. *ใน* **รายงานการประชุม ความหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้และสัตว์ป่า "ความก้าวหน้าของผลงานวิจัยและกิจกรรมปี 2548"**. โรงแรมรีเจ้นท์ ชะอำ, เพชรบุรี.

เบญจมาศ จิตรสมบูรณ์ และ วิมลณัฐ อัตโชติ. 2546. **การศึกษาพิษต่อเซลล์เนื้องอกและผลต่อระบบภูมิคุ้มกันของสารสกัดจากดอกดินแดง (*Aeginetia indica* Roxb.)**. โครงการวิจัยการศึกษาพิษต่อเซลล์เนื้องอกและผลต่อระบบภูมิคุ้มกันของสารสกัดจากดอกดินแดง (*Aeginetia indica* Roxb.). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

ประศาสตร์ เกื้อมณี. 2551. **เทคนิคเนื้อเยื่อพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พวงผกา สุนทรชัยนาคแสง. 2548. **กายวิภาคและสัณฐานวิทยาของพืชมีดอก**. บริษัท สำนักพิมพ์ท้อป จำกัด, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มนัส วัฒนาศักดิ์. ม.ป.ป. **การวิเคราะห์ระบบนิเวศในอดีตโดยวิธีการทางเรณูวิทยา**. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม.

ศิวเชษฐ ชัยโรจน์, วชิราภรณ์ พิกุลทอง, ปิยรัษฎ์ เจริญทรัพย์, รัฐพล ศรประเสริฐ, อนงคณ์ หัมพานนท์ และ สยาม อรุณศรีมรกต. 2552. การเปรียบเทียบวิธีการฟอกฆ่าเชื้อ และผลของ BA ที่มีต่อเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดของมะตาดพันธุ์ปลูกข้าวเจ้า (*Dillenia indica* L.) โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, น. 62-68. *ใน* **การประชุมวิชาการ ทรัพยากรไทย: ผันสู่วิถีใหม่ในฐานไทย 20-23 ตุลาคม 2552**. โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, กรุงเทพฯ.

สำนักงานหอพรรณไม้. 2552. **สารานุกรมพืชในประเทศไทย**. แหล่งที่มา: http://web3.dnp.go.th/botany/detail.aspx, 2 กุมภาพันธ์ 2555.

Aparicio, M.F., A. Andolfi, A. Evidente, A.P.D. Luque and D. Rubiales. 2007. Fenugreek root exudates show species-specific stimulation of *Orobanche* seed germination. **Weed Research** 48: 163-168.

_____, F. Flores and D. Rubiales. 2009. Field response of *Lathyrus cicera* germplasm to crenate broomrape (*Orobanche crenata*). **Field Crops Research** 113: 321-327.

Auttachoat, W. 2003. **Study of Immunotoxicological Effects of Dok Din Daeng (*Aeginetia indica* Roxb.)**. Ph.D. Thesis, Suranaree University of Technology.

_____, B. Chitsomboon, V.L. Peachee, T.L. Guo and K.L. White, Jr. 2004. Immunomodulation by Dok Din Daeng (*Aeginetia indica* Roxb.) extracts in female B6C3F1 mice: II. Humoral immunity, innate immunity and hematology. **International Immunophamacology** 4: 1381-1390.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Bandaranayake, P.C.G., T. Filappova, A. Tomilov, N.B. Tomilova, D. Jamison-McClung, Q. Ngo, K. Inoue and J.I. Yoder. 2010. A single-electron reducing quinone oxidoreductase is necessary to induce haustorium development in the root parasitic plant *Triphysaria*. **The Plant Cell** 22: 1404-1419.

Cameron, D.D. and W.E. Seel. 2007. Funtional anatomy of haustoria formed by *Rhinanthus minor*: linking evidence from histology and isotope tracing. **New Phytologist** 174: 412-419.

Chen, J.S. and S.C. Hsiao. 2011. Study on seed morphogenesis of Orobanchaceae in Taiwan. **Taiwania** 56 (4): 267-278.

Craib, W.G. and A.F.G. Kerr. 1962. Orobanchaceae, pp. 194-196. *In* E.C. Barnett, eds. **Series on Florae Siamensis Enumeratio**. Siam Society, Bangkok, Thailand.

Dor, E. and J. Hershenhorn. 2009. Evaluation of the pathogenicity of microorganisms isolated from Egyptian broomrape (*Orobanche aegyptiaca*) in Israel. **Weed Biology and Management** 9: 200-208.

Erdtman, G. 1952. **Pollen Morphology and Plant Taxonomy: Angiosperms**. Almqvist & Wiksell, Stockholm, Sweden.

_____. 1960. The acetolysis method: A revised description. **Svensk Botanisk Tidskift** 54: 561-564.

French, R.C. and L.J. Sherman. 1976. Factors affecting dormancy, germination and seedling development of *Aeginetia indica* L. (Orobanchaceae). **Amer. J. Bot.** 63 (5): 558-570.

Gibson, J.P. and T.R. Gibson. 2006. **Plant Ecology**. Chelsea House, New York.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Ho, J.C., C.M. Chen and L.C. Row. 2003. Neolignans from the parasitic plants. Part 1. *Aeginetia indica.* **Journal of the Chinese Chemical Society** 50: 1271-1274.

Huang, T.C. 1972. **Pollen Flora of Taiwan**. Department of Botany National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

Joel, D.M. 2007. Direct infection of potato tubers by the root parasite *Orobanche aegyptiaca*. **Weed Research** 47: 276-279.

Johansen, D.A. 1940. **Plant Microtechnique**. McGraw-hill, New york.

Kato, Y., T. Inoue and Y. Onishi. 1984. In vitro culture of a root parasite, *Aeginetia indica* L. II. The plane of cell division in the tendril. **Plant & Cell Phisiology**. 25 (6): 981-987.

Ke, L.D., Z. Zhiyun and N.N. Tzvelev. 1998. Orobanchaceae. **Flora of China** 18: 229-243.

Lambers, H., F.S. Chappin III and T.L. Pons. 1998. **Plant Physiological Ecology**. Springer-Verlag, New York.

Lemmans, R.H.M.J. and N. Bunyapraphatsara. 2003. **Plant Resources of South-East Asia: Medicinal and Poisonous Plants 3**. Backhuys, Leiden, The Netherlands.

Li, A.R. and K.Y. Guan. 2008. Arbuscular mycorrhizal fungi may serve as another nutrient strategy for some hemiparasitic species of *Pedicularis* (Orobanchaceae). **Mycorrhiza** 18: 429-436.

Lu, L., H. Wang, S. Blackmore, D.Z. Li and L.N. Dong. 2007. Pollen morphology of the tribe Rhinantheae (Orobanchaceae) and its systematic significances. **Pl Syst Evol** 268: 177-198.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Luque, A.P.D., M.T. Moreno and D. Rubiales. 2008. Host plant resistance against broomrapes (*Orobanchaceae* spp.): defence reactions and mechanisms of resistance. **Annals of Applied Biology** 152: 131-141.

Magee, D.W. and H.E. Ahles. 2007. **Flora of The Northeast**. 2nd Edition. C&C Offset Printing Co., Ltd., New York.

Macias, F.A., M.D.G. Diaz, A.P.D. Luque, D. Rubiales and J.C.G. Galindo. 2009. New chemical Clues for broomrape-sunflower host-parasite interactions: synthesis of Guaianestrigolactones. **J. Agric. Food Chem.** 57: 5853-5864.

Moore, P.D., J.A. Webb and M.E. Collinson. 1991. **Pollen Analysis**. 2nd Edition. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK.

Musselman, L.J. and M.C. Press. 1995. Introduction to parasitic plants, pp. 1-13. *In* E.C. Press and J.D. Graves, eds. **Parasitic Plants**. Chapman & Hall, London, UK.

Parnell, J. 2001. A revision of Orobanchaceae in Thailand. **Thai For. Bull. (Bot.)** 29: 72-80.

_____. 2008. Orobanchaceae, pp. 143-147. In T. Santisuk and K. Larsen, eds. **Flora of Thailand**. Vol. 9 part 2. Prachachon Co. Ltd., Bangkok, Thailand.

Punt, W., S. Blackmore, S. Nilsson and A. L. Thomas. 1999. **Glossary of Pollen and Spore Terminology**. Available Source: http://www.bio.uu.nl/%7Epalaeo/glossary/glos-tin.htm, December 19, 2009.

Qasem, J.R. 2009. Parasitic weeds of the Orobanchaceae family and their natural hosts in Jordan. **Weed Biology and Management** 9: 112-122.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Rajanna, L., G.R. Shivamurthy, R. Niranjana and C.R. Vijay. 2005. Occurrence of phloem in the haustorium of *Aeginetia pedunculata* Wall. – A root holoparasite of Orobanchaceae. **Taiwania** 50 (2): 109-116.

Raju, D. and H.N. Chamaiah. 1971. Contribution to the embryology of *Christisonia subacaulis* Gardn. **Proceedings of the Indian Academy of Science** 75: 129-139.

Ray, B.R. and M.K. Dasgupta. 2009. Three newly recorded natural hosts of *Aeginetia pedunculata* (Roxb.) Wall. (Orobanchaceae). **Journal of Mycology and Plant Pathology** 39 (1): 163-165.

_____. 2010a. *Erianthus arundinaceus*: A new host of *Aeginetia pedunculata*. **Journal of Mycology and Plant Pathology** 40 (2): 283-286.

_____. 2010b. Natural biocontrol agents of *Aeginetia pedunculata* (Roxb.) Wall. (Orobanchaceae), a root holoparasitic angiosperm of sugarcane. **Journal of Biological Control** 24 (3): 288-290.

Ruiz, M.L.M., R.G. Ruiz, J.M.M. Vara and J. Dominguez. 2009. *Orobanche Cumana* race F: performance of resistant sunflower hybrids and aggressiveness of populations of the parasitic weed. **Weed Research** 49: 469-478.

Shavvon, R.S. and S.S. Mehrvarz. 2010. Pollen and seed morphology of the genus *Cistanche* (Orobanchaceae) in Iran. **Biologia** 65 (4): 615-620.

Stewart, G.R. and M.C. Press. 1990. The physiology and biochemistry of parasitic angiosperms. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology** 41: 127-151.

Teryokhin, E.S. 2006. Reduced and undifferentiated embryos, pp. 281-291. In T.B. Batygina, eds. **Embryology of flowering plants terminology and concepts**. Vol. 2: Seed. Science Publishers, Enfield, New Hampshire.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Thorogood, C.J., F.J. Rumsey and S.J. Hiscock. 2009. Seed viability determination in parasitic broomrapes (*Orobanche* and *Phelipanche*) using fluorescein diacetate staining. **Weed Research** 49: 461-468.

Tiagi, B. 1952. Studies in the family Orobanchaceae. II. A contribution to the embryology of *Aeginetia indica* Linn. **Bulletin of The Torrey Botanical Club** 79 (1): 63-68.

Vrancken, J., C. Brochmann and R.A. Wesselingh. 2009. How did an annual plant react to Pleistocene glaciations? Postglacial history of *Rhinanthus angustifolius* in Europe. **Biological Journal of the Linnean Society** 98: 1-13.

Wright, S.J. 1999. Plant diversity in tropical forests, pp. 449-471. *In* F.I. Pugnaire and F. Valladares, ads. **Handbook of Functional Plant Ecology**. Headquarters, New York.

Wu, M.J., T.C. Huang and S.F. Huang. 2009. Phylogenetic biogeography of *Euphrasia* section *Malesianae* (Orobanchaceae) in Taiwan and Malesia. **Blumea** 54: 242-247.

Xie, X., K. Yoneyama and K. Yoneyama. 2010. The Strigolactone Story. **Annual Review of Phytopathology** 48: 93-117.

Yoneyama, K., A.A. Awad, X. Xie, K. Yoneyama and Y. Takeuchi. 2010. Strigolactones as germination stimulants for root parasitic plants. **Plant & cell Physiology** 51 (7): 1095-1103.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. วิธีการเตรียม FAA 50% (formalin acetic acid alcohol) ปริมาตร 100 ml

50% ethyl alcohol	90 ml
glacial acetic acid	5 ml
formaldehyde	5 ml

2. วิธีการเตรียม TBA (tertiary butyl alcohol) ความเข้มข้นต่างๆ 5 ระดับ

ตารางผนวกที่ 1 TBA (tertiary butyl alcohol) ความเข้มข้นต่างๆ 5 ระดับ

Approximal total percentage of alcohol	**I** 50	**II** 70	**III** 85	**IV** 95	**V** 100
distilled water	50 ml	30 ml	15 ml	-	-
95% ethyl alcohol	40 ml	50 ml	50 ml	45 ml	-
tertiary butyl alcohol	10 ml	20 ml	35 ml	55 ml	75 ml
100% ethyl alcohol	-	-	-	-	25 ml

หมายเหตุ ในการเตรียม TBA V ต้องผสมผงสี erythrosin ละลายลงไปประมาณปลายช้อนตักสาร เพื่อให้มองเห็นตัวอย่างเวลาฝังใน paraffin

3. วิธีการเตรียม Haupt' s adhesive

gelatin	1 g
phenol crystals	2 g
glycerine	15 ml
distilled water	100 ml

ละลาย gelatin 1 g ในน้ำกลั่น 100 ml ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อ gelatin ละลายหมดแล้ว เติม phenol crystals ลงไป 2 g และ glycerine 15 ml คนให้เข้ากันจนทั่ว กรองสารละลายเก็บไว้ในขวดที่ไม่โดนแสง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. วิธีการเตรียมสีย้อม safranin T

safranin T	2.25	g
95% ethyl alcohol	22.5	ml
distilled water	225	ml

ละลายสี safranin T ใน ethyl alcohol 95% ปริมาตร 22.5 ml เติมน้ำกลั่น 225 ml คนให้เข้ากัน

5. วิธีการเตรียมสีย้อม fast green

fast green	1	g
absolute ethanol	100	ml
methyl cellusove	50	ml
clove oil	50	ml

5.1 ละลายผงสี fast green 1 g ลงใน absolute ethanol 50 ml

5.2 ผสม absolute ethanol 50 ml + clove oil 50 ml + methyl cellusove 50 ml

5.3 ผสมสารละลายในข้อ 5.1 และข้อ 5.2 เข้าด้วยกัน

6. วิธีการเตรียมสารละลาย OsO_4 1% ใน phosphate buffer ปริมาตร 50 ml

OsO_4	0.5	g
$NaH_2PO_4.\ 2H_2O$	0.39	g
$Na_2HPO_4.\ 12H_2O$	0.9	g
Distilled water	50	ml

6.1 ละลาย $NaH_2PO_4.\ 2H_2O$ 0.39 g ในน้ำกลั่น

6.2 ละลาย $Na_2HPO_4.\ 12H_2O$ 0.9 g ในน้ำกลั่น

6.3 นำสารละลายในข้อ 6.1 และ 6.2 มารวมกันแล้วปรับ pH = 7.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.4 ใช้ปากกาหัวเพชรกรีดหลอดแล้วที่บรรจุ OsO_4 0.5 g ในตู้ดูดควัน แล้วใส่ทั้งหลอดแก้วที่กรีดแล้วลงในสารละลายข้อ 6.3 แล้วเก็บไว้ในขวดที่ไม่โดนแสงในตู้เย็น

7. อาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสูตร MS (Murashige และ Skoog)

7.1 วิธีการเตรียมสารละลายเข้มข้น (Stock solution)

7.1.1 Stock solution I ความเข้มข้น 20 เท่า ปริมาตร 1000 ml

NH_4NO_3	33	g
KNO_3	38	g
$MgSO_4.7H_2O$	7.4	g
KH_2PO_4	3.4	g
$CaCl_2.2H_2O$	8.8	g

ชั่งสารเคมีทีละชนิด แยกแต่ละสารไว้ แล้วละลายสารเคมีทุกชนิดด้วยน้ำกลั่น เทสารละลายที่ได้รวมกัน ทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1000 มิลลิลิตร เก็บสารละลายเข้มข้นในขวดสีชา ติดฉลาก เก็บไว้ในตู้เย็น

7.1.2 Stock solution IIความเข้มข้น 200 เท่า ปริมาตร 500 ml

H_3BO_3	0.62	g
KI	0.083	g
$Na_2MoO_4.2H_2O$	0.025	g
$CoCl_2.6H_2O$	0.0025	g
$MnSO_4.H_2O$	1.69	g
$ZnSO_4.7H_2O$	0.86	g
$CuSO_4.5H_2O$	0.0025	g

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชั่งสารเคมีทีละชนิด แยกแต่ละสารไว้ แล้วละลายสารเคมีทุกชนิดด้วยน้ำกลั่น เท สารละลายที่ได้รวมกัน ทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 500 มิลลิลิตร เก็บสารละลายเข้มข้น ในขวดสีชา ติดฉลาก เก็บไว้ในตู้เย็น

7.1.3 Stock solution III	ความเข้มข้น 200 เท่า	ปริมาตร 500 ml
Na_2.EDTA		3.73 g
$FeSO_4.7H_2O$		2.78 g

ชั่งสารเคมีทีละชนิด แยกแต่ละสารไว้ แล้วละลายสารเคมีทุกชนิดด้วยน้ำกลั่น เท สารละลายที่ได้รวมกัน ทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 500 มิลลิลิตร เก็บสารละลายเข้มข้น ในขวดสีชา ติดฉลาก เก็บไว้ในตู้เย็น

7.1.4 Stock solution IV	ความเข้มข้น 200 เท่า	ปริมาตร 200 ml
Myo-inositol		4.0 g
Nicotinic acid		0.02 g
Pyridoxine.HCI		0.02 g
Thaimin.HCI		0.004 g
Glycine		0.08 g

ชั่งสารเคมีทีละชนิด แยกแต่ละสารไว้ แล้วละลายสารเคมีทุกชนิดด้วยน้ำกลั่น เท สารละลายที่ได้รวมกัน ทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 200 มิลลิลิตร เก็บสารละลายเข้มข้น ในขวดสีชา ติดฉลาก เก็บไว้ในตู้เย็น

7.2 การเตรียมอาหาร MS ปริมาตร 1 ลิตร

Stock solution I	50	ml/l
Stock solution II	5	ml/l
Stock solution III	5	ml/l
Stock solution IV	5	ml/l
Sucrose	30	g/l
Agar	8	g/l

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรับ pH 5.67-5.70

7.2.1 ดูดสารละลายจาก Stock solution I, II, III และ IV มารวมกันตามปริมาตรที่กำหนด

7.2.2 เติมน้ำตาลซูโครส 30 กรัม

7.2.3 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร

7.2.4 ปรับความเป็นกรด – ด่าง ให้มีค่าระหว่าง 5.67-5.70

7.2.5 เติมวุ้นและหลอมอาหารด้วยเตาแก๊ส/ตู้อบไมโครเวฟ

7.2.6 นำไปนึ่งฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิ 121°C ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 15 นาที

7.2.7 เก็บอาหารไว้ในตู้เย็น/ตู้ที่สะอาดปราศจากฝุ่นใช้อาหารให้หมดภายใน 1 เดือน หลังเตรียม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายศิวเชษฐ ชัยโรจน์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2529
สถานที่เกิด	อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ชีววิทยาประยุกต์) เกียรตินิยมอันดับ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	–
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	–
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	1. รางวัลความประพฤติดี ปีการศึกษา 2545 โดยพุทธสมาคมแห่งประเทศไทย 2. รางวัลคนดีศรีเศรษฐบุตร ปีการศึกษา 2541-2546 โรงเรียนเศรษฐบุตรบำเพ็ญ 3. รางวัลนักศึกษาดีศรีจันทรเกษม ปีการศึกษา 2549 มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม 4. รางวัลธนาคารความดี ปีการศึกษา 2549 โดยมูลนิธิเพื่อสังคมไทย 5. รางวัลศิษย์ปัจจุบันดีเด่น ปีการศึกษา 2550 สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม 6. รางวัลชมเชยการประกวดการนำเสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์ ในการประชุมวิชาการพฤกษศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	1. ทุนพระอุบาลี คุณูปมาจารย์ (ปัญญา อินทปญฺโญ) เจ้าอาวาสวัดไร่ขิง พระอารามหลวง จังหวัดนครปฐม ปีการศึกษา 2547-2550 (ทุนการศึกษาระดับปริญญาตรีตลอดหลักสูตร) 2. ทุนวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาเพื่อการตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการระดับชาติหรือนานาชาติ ประจำปีงบประมาณ 2553 โดยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์