

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

หุ่นจำลองลักษณะภายในของลำต้นพืช

MODEL OF STEM INSIDE CHARACTERISTICS



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร - การผลิตพืช

มท.

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

๐๕๖๕๓

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

๒๕๖๑

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

ปีการศึกษา 2539

เลขหม.....

เลขทะเบียน..... 28180

วัน, เดือน, ปี..... 17 ก.ค. 2540

ขอสงวนลิขสิทธิ์ในการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อความย่อปัญหาพิเศษ

นางสาววันเพ็ญ สมตัว

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตพืช

ชื่อเรื่อง หุ่นจำลองลักษณะภายในของลำต้นพืช

MODEL OF STEM INSIDE CHARACTERISTICS

ในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตสื่อการเรียนการสอน ประเภทหุ่นจำลองเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน ได้กำหนดให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ถึงกายวิภาคและโครงสร้างภายในของลำต้นพืช ระบบต่างๆ ของลำต้นพืชซึ่งจำลองที่มีขนาดใหญ่กว่าของจริง เป็นสื่อการสอนที่สามารถแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ได้อย่างชัดเจน ทำให้ผู้เรียนสามารถรู้และเข้าใจในบทเรียนมากยิ่งขึ้น ซึ่งผู้สอนสามารถใช้หุ่นจำลองร่วมกับการสอนด้วยวิธีอื่นๆ เช่นการสอนแบบค้นคว้าทดลอง การสอนแบบบรรยาย เป็นต้น จะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนการสอนมากยิ่งขึ้น

วิธีการดำเนินการจัดทำหุ่นจำลอง เริ่มจากการศึกษาหลักสูตรที่มีวิชาเรียนที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างภายในของลำต้นพืชของแต่ละระดับการศึกษาและศึกษาเกี่ยวกับวิธีการทำหุ่นจำลองประเภทต่างๆ จัดหาวัสดุที่นำมาใช้ในการจัดทำหุ่นจำลอง การตกแต่งและการใช้สีที่เหมือนหรือคล้ายของจริงมากที่สุด

เมื่อทำการศึกษารายละเอียดข้างต้นแล้ว จัดเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดทำหุ่นจำลอง โครงสร้างภายในของลำต้นพืช ซึ่งแสดงถึงลักษณะของวงปีของพืชใบเลี้ยงคู่ แสดงลักษณะภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ในแนวยาว (long section) และแนวขวาง (cross section) แสดงลักษณะของกลุ่มเซลล์ท่อน้ำในแนวยาว (long section) และแนวขวาง (cross section) แสดงลักษณะของกลุ่มเซลล์ท่ออาหารในแนวยาว (long section) และในแนวขวาง (cross section) อย่างละ 1 ชิ้น ตกแต่งและลงสีให้สวยงามเหมือนของจริงมากที่สุด ตรวจสอบข้อบกพร่องแล้วปรับปรุงแก้ไขก่อนการเคลื่อนงานด้วยสปรีย์เคลื่อนงาน เพื่อความคงทนสวยงามและจัดทำชั้นวางชุดหุ่นจำลอง โครงสร้างภายในของลำต้นพืชและที่ครอบพลาสติกที่สามารถเปิดดูหุ่นจำลองได้อย่างชัดเจน จัดทำภาคเอกสารประกอบหุ่นจำลองพร้อมคู่มือการใช้หุ่นจำลอง

การทำปัญหาพิเศษเรื่องหุ่นจำลอง โครงสร้างภายในของลำต้นพืชเป็นการจัดทำหุ่นจำลองที่มีการใช้กระบวนการหรือวิธีการจัดทำหลายๆ วิธีผสมผสานกันซึ่งผู้จัดทำได้ลงมือจัดทำด้วยตัวเองทุกขั้นตอนและพบปัญหาหลายประการด้วยกันคือ ขบวนการจัดทำบางอย่างผู้จัดทำไม่เคยมีประสบการณ์จึงจัดทำโดยใช้วิธีการลองผิดลองถูกทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและเสียเวลาในการจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำปัญหาพิเศษเรื่องเอกสารที่เกี่ยวข้อง วิธีการจัดทำหุ่นจำลองประเภทต่าง ๆ มีน้อย ปัญหาแหล่ง
ขายอุปกรณ์ในการจัดทำหุ่นจำลองอยู่ไกลและปัญหาอื่น ๆ ที่ไม่สามารถกล่าวในที่นี้ได้ทั้งหมด

ข้อเสนอแนะในการจัดทำหุ่นจำลองในลักษณะที่มีการใช้กระบวนการหรือวิธีการจัดทำ
ที่มีหลายๆ วิธีการ ผู้จัดทำต้องศึกษาหาข้อมูล ศึกษาขั้นตอนวิธีการและวางแผนหาประสบการณ์
ในขบวนการที่ไม่เคยทำให้เข้าใจเป็นอย่างดีเสียก่อน และต้องเป็นผู้มีความอดทน สุขุมใจเย็น มี
ความปราณีตละเอียดอ่อนพอสมควรและที่สำคัญต้องมีการวางแผนว่าจะทำอะไรก่อนหลังเพื่อที่จะ
ได้งานที่มีคุณภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จสมบูรณ์ลงได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายๆ ท่าน ขอขอบพระคุณ ผศ. รมณีย์ อภาภิรม ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้เสียสละเวลาและให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำปัญหาพิเศษ และให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณ คุณวิจักษ์ ทรัพย์เจริญ เจ้าของร้านประดิษฐ์พีชจากพลาสติก ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำติชม ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งมีส่วนสำคัญในการทำปัญหาพิเศษนี้สำเร็จสมบูรณ์ลงได้ด้วยดี

นางสาววันเพ็ญ สมตัว

กุมภาพันธ์ 2540

สารบัญ

	หน้า
เนื้อความย่อปัญหาพิเศษ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ก
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	จ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	2
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของหุ่นจำลอง	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับโสตทัศนูปกรณ์	3
2.2 การศึกษาเอกสารเกี่ยวกับวิธีการสร้างหุ่นจำลอง	4
3 วิธีการสร้างหุ่นจำลอง	7
3.1 ศึกษาเนื้อหาวิชาที่สามารถนำหุ่นจำลองไปใช้ประกอบการสอน	7
3.2 ศึกษารวบรวมเนื้อหาส่วนที่เกี่ยวข้องกับหุ่นจำลอง	9
3.3 คำบรรยายประกอบหุ่นจำลอง	21
3.4 ขั้นตอนการสร้างหุ่นจำลอง	26
3.4.1 วิธีการดำเนินการสร้างหุ่นจำลองลักษณะภายในของลำต้นพืช	26
3.4.2 วิธีการสร้างหุ่นจำลองลักษณะภายในของลำต้นพืช	26
3.5 คู่มือการใช้หุ่นจำลอง	28
3.6 ผลงาน	28
4 สรุปและข้อเสนอแนะ	30
4.1 สรุป	30
4.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	31
บรรณานุกรม	33
ภาคผนวก	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

1 ภาพแสดงลักษณะภายในของลำต้นพืช	35
2 ภาพแสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำหุ่นจำลอง	36
3 ภาพปูนปลาสเตอร์ที่ใช้ในการทำหุ่นจำลอง	36
4 ภาพสีน้ำพลาสติกและสีเคลือบเงา	37
5 แสดงแม่พิมพ์ดินเหนียวที่ปั้นเสร็จแล้ว	37
6 แสดงการผสมปูนปลาสเตอร์	38
7 แสดงการหล่อปูนปลาสเตอร์ลงพิมพ์ดินเหนียว	38
8 แสดงแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่หล่อเสร็จแล้ว	39
9 แสดงการทาสีที่ชิ้นงาน	39
10 แสดงการพ่นสีสเปรย์ที่ชิ้นงาน	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

การศึกษาทางพืชศาสตร์ในปัจจุบันเป็นสิ่งจำเป็นมาก เพราะมนุษย์มีความเกี่ยวข้องกับพืชตลอดเวลาทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเฉพาะปัจจัยสี่ ได้แก่ อาหาร ที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่ม และยารักษาโรค ทางตรงก็ได้โดย รับประทานเข้าไป เช่น ธัญพืช ผลไม้ พืชผักทุกชนิด และผลิตภัณฑ์จากพืชอีกด้วย ส่วนทางอ้อมโดยการรับประทานเนื้อสัตว์ นม ไข่ ซึ่งผลผลิตของสัตว์เหล่านี้ได้มาจากการที่สัตว์กินพืชเป็นอาหาร เป็นต้น ลำต้นพืชมีความสำคัญต่อพืชในด้านการเจริญเติบโต ด้านผลผลิต เป็นทางลำเลียงน้ำ แร่ธาตุ จากรากขึ้นสู่ใบและรับอาหารที่ปรุงแล้วจากใบไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของลำต้น การเจริญเติบโตของพืชแต่ละต้นหรือแต่ละชนิด เป็นผลมาจากลักษณะโครงสร้างภายในของลำต้นด้วย กล่าวคือ ขึ้นอยู่กับลักษณะของเซลล์ของเนื้อเยื่อ ซึ่งมีความแตกต่างกันในพืชแต่ละต้น แต่ละชนิดและแต่ละประเภท จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเรื่องนี้โดยเฉพาะเพื่อนำความรู้ที่ได้ไปปรับปรุงด้านการผลิตพืช ให้เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการของมนุษย์ จึงได้มีการจัดให้ความรู้ด้านลักษณะโครงสร้างภายในของพืชกับผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่าย ได้แก่ นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในวิชาชีพวิทยาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ในวิชาสรีรวิทยาของพืช รวมทั้งในระดับปริญญาตรีในวิชา เทคโนโลยีการผลิตพืช ที่เรียนเพื่อออกไปเป็นนักวิชาการหรือนักวิทยาศาสตร์ประยุกต์

การเรียนการสอนในเรื่อง โครงสร้างภายในของลำต้น เป็นการศึกษาถึงส่วนประกอบต่างๆ ของโครงสร้างภายในของลำต้นพืช ขบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นในเนื้อเยื่อหรือเซลล์แต่ละเซลล์หน้าที่ของเซลล์ การเจริญเติบโตของพืช ซึ่งในการเรียนการสอน ถ้าไม่มีสื่อประกอบการสอนก็ยากแก่การเข้าใจ หรือถ้ามีสื่อจริงมาประกอบการสอนซึ่งบางสถานศึกษาอาจขาดแคลนในด้านอุปกรณ์การเรียนการสอน หรือไม่เพียงพอสำหรับผู้เรียน เช่น ไม่มีห้องปฏิบัติการ หรือกล้องจุลทรรศน์ เนื่องจากการเรียนการสอนในเรื่อง โครงสร้างภายในของลำต้นพืช เป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างยากและสลับซับซ้อนยากแก่การเข้าใจ เมื่อนำของจริงมาประกอบการสอนก็ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องอาศัยกล้องจุลทรรศน์มาส่องและขยายดู ฉะนั้นในการเรียนการสอน จึงทำให้ยากแก่การเข้าใจอย่างถูกต้องและเป็นไปในแนวเดียวกัน ถ้ามีอุปกรณ์หรือสื่ออย่างอื่นมาประกอบการ

สอนทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจได้มากยิ่งขึ้น เช่นการใช้หุ่นจำลอง โครงสร้างภายในของลำต้นพืช สอนควบคู่ไปกับการสอนตัวอย่างจริงเพื่อเปรียบเทียบกันหรือถ้าสถานศึกษาบางแห่งไม่มีอุปกรณ์ เพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาของจริง ก็สามารถใช้นุ่นจำลองสอนประกอบคำบรรยายกับเอกสารประกอบการสอนไปได้ ทั้งนี้เพราะหุ่นจำลองมีลักษณะเหมือนของจริง ด้วยการจำลองของจริง สามารถให้ผู้เรียนมองเห็นหรือจินตนาการได้ใกล้เคียงกับของจริงมากกว่าสื่อชนิดอื่น และยังเป็นสื่อที่สามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้อย่างดี

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างหุ่นจำลองแสดงลักษณะภายในของลำต้นพืช

1.3 ขอบเขตของปัญหา

1. สร้างหุ่นจำลองแสดงลักษณะภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ โดยแสดงให้เห็นเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. อีพิดERMิส (Epidermis)
2. คอร์เทกซ์ (Cortex) แสดงให้เห็นส่วนของ
 - พARENไคมา (Parenchyma)
 - คลอเรนไคมา (Collenchyma)
 - สเคลอเรนไคมา (Sclerenchyma)
3. กลุ่มท่อลำเลียง แสดงให้เห็นส่วนของ
 - ท่อน้ำ (Xylem)
 - ท่ออาหาร (Phloem)
4. พิธ (Pith)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ใช้เป็นอุปกรณ์ประกอบการสอนในระดับการศึกษาต่างๆ ได้แก่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในวิชาชีววิทยา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ในวิชาหลักพืชกรรม และระดับปริญญาตรีในวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชและวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างภายในของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การจัดทำหุ่นจำลองลักษณะภายในของลำต้นพืชที่มีอัตราส่วนใหญ่กว่าของจริง เพื่อแสดงให้เห็นกายวิภาคและสรีรวิทยาของ โครงสร้างภายนอกและภายในของลำต้นพืช ซึ่งเป็นการจัดทำครั้งแรก นอกจากนี้จะประสบปัญหาความยุ่งยากในขั้นตอนของการจัดทำหุ่นจำลอง และมีหนังสือและวารสารที่เกี่ยวข้องอีกค่อนข้างมีน้อย อย่างไรก็ตามเมื่อได้ทำการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องแล้วสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

2.1 การศึกษาเอกสารเกี่ยวกับโสตทัศนูปกรณ์

2.1.1 ความหมายของสื่อการเรียนการสอน

การให้ความหมายของคำว่า สื่อการเรียนการสอน ได้มีการให้ความหมายไว้อย่างหลากหลาย ซึ่งได้ยกตัวอย่างเอาไว้ดังนี้

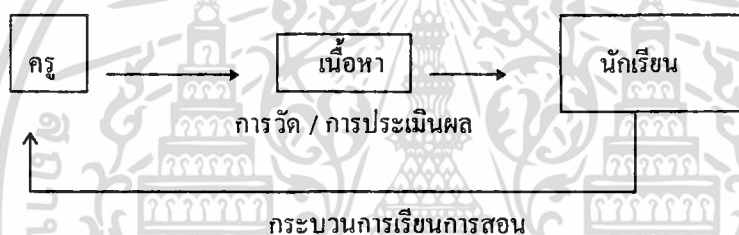
ไพบยศ เรื่องสุวรรณ (2526 หน้า 4) กล่าวว่า สื่อการสอนหมายถึงสิ่งที่ช่วยในการเรียนรู้ ซึ่งครูและนักเรียนเป็นผู้ใช้เพื่อให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในการผลิตสื่อทางการศึกษานั้น ผู้ผลิตทำหน้าที่อยู่ในกลุ่มของผู้ส่ง ซึ่งอาจส่งเรื่องราวโดยการผ่านสื่อที่ผลิตขึ้น จึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจในขบวนการสื่อความหมายอย่างถ่องแท้ มิฉะนั้นสิ่งที่ผลิตขึ้นมาอาจให้สื่อความหมายที่ผิดได้ และจะต้องเลือกสื่อที่ผลิตให้เหมาะสมกับผู้เรียน ผู้เรียนหรือผู้รับที่มีพื้นฐานความรู้ ประสบการณ์และวุฒิภาวะที่แตกต่างกันจะมีความสามารถในการสื่อความหมายที่แตกต่างกันออกไปด้วย

โอวาท พูลศิริ (2526 หน้า 47) ได้กล่าวถึงความหมายของโสตทัศนศึกษาว่า การศึกษาที่ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ที่ผ่านประสาทสัมผัสทางหูและตาเป็นส่วนใหญ่ นักศึกษาได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับอินทรีย์ทั้ง 5 ของคนว่า วันหนึ่ง ๆ เราได้สัมผัสทางตาและหูเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ผู้เรียนจะสามารถเรียนรู้ได้ดีด้วยประสาทตา ฉะนั้นการสอนทางด้านโสตทัศนศึกษาจึงมีความสำคัญมาก ได้แก่ ของจริง หุ่นจำลอง รูปภาพ สไลด์ วีดิโอเทปและเครื่องช่วยสอนอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.

โอวาท พูลศิริ (2526 หน้า 59) กล่าวว่า การสื่อความหมายจะได้ผลดีก็ต่อเมื่อผู้รับสามารถเข้าใจเรื่องราวได้ตรงกับผู้ส่งสารต้องการ ดังนั้นเพื่อให้ผู้รับสารเข้าใจถูกต้อง ผู้ส่งสารจะต้องใช้วิธีส่งสารหลายวิธีด้วยกัน เช่น พูด เขียน ทำทางประกอบหรืออาศัยสื่อหรืออุปกรณ์เข้ามาช่วย สื่อและอุปกรณ์คือ ตัวกลางที่จะนำสารจากผู้ส่งสารมายังผู้รับสารอย่างถูกต้องและรวดเร็วที่สุด ดังนั้นในการศึกษาครูอาจนำสื่อมวลชนมาไว้ทางด้านการศึกษาได้ เช่น ภาพยนตร์ โทรทัศน์ แผนภูมิ สไลด์ แผ่นภาพต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้มากที่สุด

สมเชาว์ เนตรประเสริฐ (2537 หน้า 143 - 144) กล่าวว่า สื่อที่ใช้ในการเรียนการสอนนั้น เดิมเรียกว่าอุปกรณ์การสอนหรือโสตทัศนูปกรณ์แต่ภายหลังหลักการที่เป็นวัสดุ อุปกรณ์เปลี่ยนแปลงไป โดยเพิ่มหลักสูตรร่วมกันระหว่างอุปกรณ์และวิธีการ จึงได้เปลี่ยนเป็นคำว่า “สื่อการสอน” (Instructional Media)



จากแผนภาพของกระบวนการเรียนการสอนได้วางตำแหน่งของ สื่อการเรียนการสอน ระหว่างกลางของครูกับนักเรียน นั้นหมายความว่าอะไรก็ตามที่สามารถนำเอาเนื้อหาไปสู่ผู้เรียนได้ นั่นก็คือ สื่อการสอนทั้งสิ้น ฉะนั้นถ้าจะให้คำจำกัดความของสื่อการสอนก็จะสรุปได้ “สื่อการสอน” คือตัวกลางที่ช่วยนำเนื้อหาจากครู ไปสู่ผู้เรียนและได้มีผู้ที่ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ต่าง ๆ กัน เช่น แบ่งสื่อการสอนออกเป็น 3 ประเภท

1. Non - Projected Materials ได้แก่ รูปจำลอง แบบเรียน แผนภูมิ บัตรคำต่าง ๆ
2. Project Materials ได้แก่ สื่อที่มีเครื่องฉายประกอบด้วย เช่น สไลด์ फिल्मสตริป
3. Audio Materials ได้แก่ สื่อจำพวกเครื่องเสียงต่าง ๆ คือ วิทยุ เทปบันทึกเสียง แผ่นเสียง เป็นต้น

2.2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับวิธีการสร้างหุ่นจำลอง

สุโขทัยธรรมาริราช , มหาวิทยาลัย สาขาศึกษาศาสตร์ (2523 หน้า 277) กล่าวว่า หุ่นจำลอง (Models) เป็นสิ่งแทนของจริง ซึ่งเป็นวัสดุสามมิติที่ขอส่วนให้เล็กกว่าของจริง เพื่อจะให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดเล็กพอที่จะนำมาศึกษาได้สะดวกหรืออาจจะขยายส่วนให้มีขนาดโตกว่าของจริงหลายเท่า เพื่อที่จะให้มองเห็นได้ชัดเจนแทนของจริงที่มีขนาดเล็กเกินไปหรืออาจทำให้มีขนาดเท่ากับของจริง ซึ่งแทนของจริงที่หาได้ยากหรือซับซ้อนเกินกว่าที่จะศึกษาจากของจริงได้

2.2.1 หุ่นจำลองกับการสอน

ในการสอนเนื้อหาที่มีความซับซ้อน มีความจำเป็นที่จะต้องใช้หุ่นจำลองประกอบ กิจกรรมการสอนจึงจะทำให้การเรียนการสอนนั้นบรรลุเป้าหมายได้ ประโยชน์ของหุ่นจำลองต่อการสอนโดยมีดังต่อไปนี้

- ก. ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ถึงรูปร่างลักษณะสัดส่วน และความสัมพันธ์ของสิ่งที่มีขนาดใหญ่เกินกว่าที่จะศึกษาจากของจริงได้ เช่น ลูกโลก เข็ม เข็มเรือเดินสมุทร
- ข. ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ถึงรูปร่าง ลักษณะและสัดส่วน ของสิ่งที่มีขนาดเล็กมองเห็นจากของจริงได้ยาก เช่น เชื้อโรค บุ้ง แมลงตัวเล็กๆ เป็นต้น
- ค. เป็นสิ่งที่แทนของที่หายากอยู่ไกลมีราคาแพง เพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาและสังเกตอย่างใกล้ชิด
- ง. สามารถลดส่วนที่ซับซ้อนให้น้อยลง และเน้นเฉพาะส่วนที่ต้องการสอนให้เด่นชัดหรือชัดเจนยิ่งขึ้นได้
- จ. ส่งเสริมความเข้าใจ ความคิดสร้างสรรค์และการทำงานเป็นกลุ่มของนักเรียน ในกรณีที่ให้ผู้เรียนศึกษาและทำหุ่นจำลองขึ้นใช้เอง

2.2.2 ประเภทของหุ่นจำลอง หุ่นจำลองมีหลายประเภทดังนี้

- ก. หุ่นจำลองรูปทรงภายนอก เป็นหุ่นจำลองที่แสดงเฉพาะรูปทรงภายนอกของสิ่งนั้น ๆ อาจจะมีขนาดเท่าของจริง ใหญ่หรือเล็กกว่าขนาดของจริงก็ได้ เช่น หุ่นจำลองแมลง ผลไม้ รถยนต์ ยานอวกาศ
- ข. หุ่นจำลองแบบขยายส่วน หรือย่อส่วนเป็นหุ่นจำลองที่ขยายสัดส่วนเป็นหุ่นจำลองที่ขยายสัดส่วนให้มีขนาดโตหรือขนาดเล็กกว่าของจริง เช่น บุ้ง แมลง เป็นต้น
- ค. หุ่นจำลองแบบผ่าซีก เป็นหุ่นจำลองที่ตัดชิ้นส่วนหรือพื้นผิวบางส่วนออก ให้เห็นส่วนประกอบภายใน เช่น เครื่องยนต์ผ่าซีก ต้นไม้ผ่าซีก หุ่นจำลองรูปสัตว์ครึ่งตัวแบบผ่าซีก
- ง. หุ่นจำลองแบบเคลื่อนไหวทำงานได้ เป็นหุ่นจำลองที่แสดงให้เห็นกลไกและการทำงานของของจริง เช่น หุ่นจำลองโรงไฟฟ้า เครื่องจักรไอน้ำ

จ. หุ่นจำลองแยกชิ้นส่วนได้ เป็นหุ่นจำลองที่แสดงให้เห็นส่วนประกอบต่าง ๆ จากภายนอกถึงภายในโดยแยกเป็นส่วน ๆ และต่อเข้ากันได้ เช่น หุ่นจำลองแสดงส่วนประกอบของร่างกายคน หุ่นจำลองส่วนประกอบของร่างกายสัตว์ เป็นต้น

ฉ. หุ่นจำลองที่ทำจากชิ้นส่วนของของจริง เช่น หุ่นจำลองพวก สัตว์สตัฟฟ์ โครงกระดูก

ช. หุ่นจำลองเลียนแบบของจริง หุ่นจำลองนี้จะใช้ชิ้นส่วน รูปร่างและการทำงานเหมือนของจริงทุกอย่าง เฉพาะส่วนที่เป็นของจริงที่เลียนแบบ เช่น แผงบังคับส่วนหน้าของรถยนต์ เครื่องบิน เครื่องปั้นจั่นใช้สำหรับฝึกทักษะเบื้องต้นในการควบคุมสิ่งแวดล้อม

จิรพันธ์ สมประสงค์ (2533 หน้า 40-41) ได้กล่าวถึงการทำแม่พิมพ์ยาง ดังนี้ แม่พิมพ์ยางเหมาะสำหรับงานหล่อรูปที่มีขนาดเล็ก มีลวดลายส่วนละเอียดและรูปทรงที่ยากต่อการทำแม่พิมพ์ขึ้นเมื่อหล่อรูปแล้ว ได้รูปหล่อที่ไม่มีตะเข็บที่ต้องมาตกแต่งภายหลัง สะดวกในการหล่อและทำได้รวดเร็ว หล่อรูปได้ไม่น้อยกว่า 50 รูป

ข้อเสีย จะมีส่วนเสียในเรื่องรูปทรงไม่แน่นอน เนื่องจากการหดตัวของยางที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์ ซึ่งส่วนมากเป็นน้ำยางพาราสดที่ผสมด้วยกรคน้ำส้มจึงยึดหดตัวได้ง่าย เสียรูปทรงเดิม

การทำพิมพ์ยางทำได้ 3 วิธี คือ

1. วิธีทำ ใช้กับรูปต้นแบบที่เป็นรูปนูน หรือรูปลอยตัวก็ได้
2. วิธีซุบ ใช้กับต้นแบบที่เป็นรูปลอยตัวอย่างเดียวเท่านั้น
3. วิธีเทยางหล่อ โดยอาศัยขี้ผึ้งเป็นตัวประกอบในการพิมพ์

2.2.3 การเก็บรักษาแม่พิมพ์ยาง

1. ถ้าต้องการเก็บแม่พิมพ์ยางไว้นาน ให้หล่อรูปทิ้งค้างไว้ แต่หล่อแล้วให้ถอดแม่พิมพ์ออกก่อน จึงใส่กลับเข้าไปใหม่

2. เพื่อป้องกันไม่ให้แม่พิมพ์ยางเปื่อย ให้ใช้ผงแป้งมันทาที่ผิวของแม่พิมพ์ยางจนทั่วทุกแห่ง

3. อย่าเก็บแม่พิมพ์ยางไว้ในที่มีอากาศร้อน ควรเก็บไว้ในที่แห้งและมีอากาศเย็น

4. การทำแม่พิมพ์ยางส่วนมาก มักทำใช้ชั่วคราว ถ้าเก็บไว้นานอาจเปื่อยขาด บิดงอ เสียหายได้ง่าย รูปที่หล่อออกมาจะผิดไปจากรูปต้นแบบไปได้ จึงไม่นิยมเก็บแม่พิมพ์ยางไว้นาน ควรเก็บรูปต้นแบบไว้ดีกว่า เมื่อต้องการจะหล่อรูป ก็ทำแม่พิมพ์ยางจากรูปต้นแบบเดิมขึ้นใช้ได้

5. อย่าให้น้ำมันก๊าด น้ำมันเบนซิน ทินเนอร์ ฯลฯ ถูกแม่พิมพ์ยางเพราะจะทำให้แม่พิมพ์เปื่อยและเสียรูปทรง

บทที่ 3

วิธีการสร้างหุ่นจำลอง

3.1 ศึกษาเนื้อหาวิชาที่สามารถนำหุ่นจำลองไปใช้ประกอบการสอน

วิชาที่ใช้หุ่นจำลองเป็นอุปกรณ์ประกอบการสอน ได้แก่

1. วิชาชีววิทยา ในหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งมีสังเขปรายวิชาดังต่อไปนี้

ศึกษากระบวนการเมตาบอลิซึม ทำปฏิบัติการศึกษาอัตราการหายใจ การทำงานของเอนไซม์ สารยับยั้งเอนไซม์ ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมและโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนก๊าซกับสิ่งแวดล้อม โครงสร้างของไมโทคอนเดรีย ปฏิบัติการหายใจ แบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน กระบวนการหมักก๊าซชีวภาพ

ศึกษาปฏิริยาผลผลิตและทำปฏิบัติการเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสง ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและหน้าที่ของใบพืช ศึกษาและทำปฏิบัติการเกี่ยวกับโครงสร้างกระบวนการสภาพแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวกับ กระบวนการลำเลียงน้ำ กลือแร่และสารอาหารที่ใช้ในการดำรงชีพ

เพื่อให้มีความเข้าใจ มีทักษะในขบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์และนำความรู้และหลักการไปใช้ประโยชน์ในการรับและให้พลังงานของสิ่งมีชีวิต

การนำหุ่นจำลองมาใช้ประกอบการสอน

หุ่นจำลอง โครงสร้างภายในของลำต้นพืชที่ผลิตขึ้นมา นำมาใช้เป็นสื่อการสอนเรื่องกระบวนการเมตาบอลิซึม เช่น การลำเลียงน้ำและอาหาร การเจริญเติบโตของพืช

2. วิชาสรีรวิทยาของพืช ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.) มีสังเขปรายวิชาดังต่อไปนี้

ความหมายและความสำคัญของสรีรวิทยาของพืช ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช กระบวนการเมตาบอลิซึมที่เกี่ยวข้องกับสรีรวิทยาของพืช (เช่น การลำเลียงน้ำและอาหาร การสังเคราะห์แสงและการหายใจ การเจริญเติบโต ฮอโมนพืช และสารที่เกี่ยวข้องและอื่นๆ)

การนำหุ่นจำลองมาใช้เป็นอุปกรณ์ประกอบการสอน

หุ่นจำลอง โครงสร้างภายในของลำต้นพืชที่ผลิตขึ้นมานำมาใช้เป็นสื่อการสอนเรื่อง กระบวนการเมตาบอลิซึม เช่น การลำเลียงน้ำและอาหาร การเจริญเติบโตของพืช

3. วิชาวิทยาศาสตร์ 1 ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ซึ่งมีสังเขปรายวิชาดังต่อไปนี้

ศึกษาหลักเกณฑ์ในการจำแนกสิ่งมีชีวิต เป็นอาณาจักร ลำดับ การจัดหมวดหมู่ของสิ่งมีชีวิต ลักษณะโครงสร้างและหน้าที่ที่สำคัญของพืชและสัตว์ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต พันธุกรรม การคัดเลือกและการปรับปรุงพันธุ์ ฮอโมน ปัจจัยที่มีผลต่อพันธุกรรม การสืบพันธุ์ และการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ สิ่งมีชีวิตที่เป็นประโยชน์ต่อพืชและสัตว์ สิ่งมีชีวิตที่มีโทษต่อพืชและสัตว์

การนำหุ่นจำลองมาใช้ประกอบการการสอน

หุ่นจำลอง โครงสร้างภายในของลำต้นพืชที่ผลิตขึ้นสามารถนำมาใช้เป็นการสอนเรื่อง ลักษณะโครงสร้างและหน้าที่ที่สำคัญของพืช เป็นการศึกษาถึงโครงสร้างต่างๆของพืช เช่น โครงสร้างของ ราก ใบ ดอก ผล ลำต้นและเมล็ด

4. วิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช (Plant Production Technology) หลักสูตรปริญญาตรี ซึ่งมีสังเขปรายวิชาดังต่อไปนี้

ความหมายการพัฒนาการเกษตร การจำแนกพืช โครงสร้างของพืช ความสัมพันธ์การเกิดของกระบวนการที่เกิดขึ้นในพืช การวิเคราะห์ การเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืช ปัจจัยของสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืช เทคนิคการผลิตพืชให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยกล่าวถึงพันธุ์และเมล็ดพันธุ์ การเก็บเกี่ยว ระบบการปลูกพืช การปลูกพืชหมุนเวียน การปลูกพืชแบบธรรมชาติ การปลูกพืชไร่ดิน และการบังคับการเจริญเติบโต เพื่อปรับปรุงคุณภาพและเพิ่มผลผลิตพืช

การนำหุ่นจำลองมาใช้ประกอบการสอน

หุ่นจำลอง โครงสร้างภายในของลำต้นพืชที่ผลิตขึ้นสามารถนำมาใช้เป็นการสอนเรื่อง โครงสร้างของพืช ความสัมพันธ์ที่เกิดของกระบวนการที่เกิดขึ้นในพืช การเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืช

ซึ่งจะเห็นได้ว่าสังเขปรายวิชาแต่ละวิชาที่กล่าวมาทั้งหมดนี้มีความจำเป็นในการใช้ **อุปกรณ์ ประกอบการสอนเกี่ยวกับ โครงสร้างภายในของลำต้นพืช**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ศึกษารวบรวมเนื้อหาส่วนที่เกี่ยวข้องกับหุ่นจำลอง

เนื้อหาวิชาที่สอน

การศึกษาเกี่ยวกับกายวิภาคหรือลักษณะโครงสร้างของพืช ได้ศึกษาในหลาย ๆ ด้าน เช่น โครงสร้างภายในของลำต้น ใบ ดอก ผล เมล็ด แต่ในการศึกษาในด้านโครงสร้างภายในของลำต้นพืช เป็นการศึกษาเกี่ยวกับอวัยวะและหน้าที่ต่างๆ เฉพาะของโครงสร้างภายในของลำต้นพืช ดังนั้น การศึกษาเกี่ยวกับลักษณะโครงสร้างภายในของลำต้นพืชจึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างมาก

ลำต้น (Stem) คือ อวัยวะหรือส่วนของพืชซึ่งโดยปกติเจริญอยู่เหนือพื้นดิน ด้านแรงดึงดูดของโลก (Negative geotropism) อันเป็นทิศทางตรงกันข้ามกับการเจริญของราก ลำต้นของพืช มีดอกจะมีขนาดรูปร่างและลักษณะต่าง ๆ กันส่วนมากประกอบด้วยแกนกลางที่มีรูปทรงกระบอก มีข้อ (Node) ปล้อง (Internode) และตา (Bud) ซึ่งเป็นที่เกิดของกิ่ง ใบ ดอก นอกจากนี้ลำต้นยังเป็นตัวกลางในการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุจากส่วนของรากสู่กิ่ง ใบ ดอก และเป็นทางลำเลียงอาหาร สอโรโมน สารเมแทบอลิต์จากส่วนของใบและยอด ไปยังส่วนต่างๆ ของพืช

ลักษณะทั่วไปของลำต้น

ในการศึกษาลักษณะทั่วไปของลำต้น จะพิจารณาได้โดยง่าย โดยเริ่มศึกษาจากส่วนของเมล็ดที่กำลังงอก พุสมูลซึ่งเป็นยอดอ่อนหรือตาอ่อน (Embryonic bud) จะเจริญพัฒนาไปเป็นส่วนยอด (Shoot) ซึ่งเป็นส่วนของลำต้นที่มีใบอยู่ด้วย ลักษณะที่สำคัญของลำต้นประกอบด้วย ข้อ ปล้อง และตา ข้อเป็นบริเวณที่มีกิ่ง ใบ เจริญออกมา ในขณะที่ปล้องเป็นส่วนที่อยู่ระหว่างข้อแต่ละข้อ สำหรับตามีรูปร่างโค้งงอหรือรูปทรงกรวยประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญจำนวนมาก ตาที่ปลายยอดของลำต้นและกิ่งเรียกว่า ตายอด (Apical หรือ Terminal bud) เมื่อเจริญยืดยาวออกมาจะเป็นผลให้ลำต้นหรือกิ่งนั้นยืดยาวออกและสูงขึ้น ส่วนกิ่งก้านของลำต้นตลอดทั้งดอกเจริญมาจากตาซึ่งอยู่ในบริเวณซอกใบ (Leaf axil) อันเป็นมุมที่ลำต้นกับก้านใบมาบรรจบกัน เรียกว่า ตาข้าง

(Axillary bud or lateral bud) ในพืชบางชนิดอาจมีตาเกิดใกล้ๆ กับตาข้าง เรียกว่า ตาช่วย

(Accessory bud) นอกจากนี้ตาที่แตกมาจากส่วนหนึ่งส่วนใดของพืชนอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้ว เช่น เกิดที่ใบ ตาชนิดนี้ เรียกว่า ตาพิเศษ (Adventitious bud)

ตาอาจจำแนกตามการเจริญเติบโตที่จะเป็นอวัยวะต่าง ๆ ได้เป็นตาที่เจริญเติบโตไปเป็นกิ่งและใบเรียกตาใบ (Leaf bud) ส่วนตาที่จะเจริญเติบโตไปเป็นดอกหรือช่อดอก เรียกตาดอก

(Flower bud) สำหรับตาที่จะเจริญเติบโตเป็นทั้งกิ่งและดอกปนกัน เรียกว่า ตาผสม

ในพืชหลายชนิดมีเปลือกหุ้มตาหรือใบเกล็ด (Bud scale) ซึ่งเป็นใบที่เปลี่ยนแปลงไปหุ้มตาไว้ขณะที่ตาข้างอ่อนอยู่ เพื่อป้องกันอันตรายต่างๆ จากภายนอกและป้องกันการระเหยของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อตาเจริญเติบโตไปเป็น กิ่ง ใบ หรือดอก ใบเกล็ดนี้จะหลุดไปตามผิวของกิ่งหรือลำต้นพวกไม้ล้มลุก (herbaceous stem) มักเห็นเป็นสีเขียว อาจพบหนามหรือขนงอกอยู่ทั่วๆ ไป ส่วนลำต้นของไม้ยืนต้น (Tree) จะมีคอร์กมาหุ้มที่ผิว บางครั้งจะเห็นรอยแตกตามผิวเรียก เลนติเซล (Lenticel) ซึ่งเป็นโครงสร้างคล้ายแว่นหรือเลนส์ (Lens) เป็นทางให้อากาศซึมผ่านเข้าสู่ลำต้นเพื่อช่วยในการหายใจและแลกเปลี่ยนก๊าซ บางที่อาจพบรอยแผล (Scar) เกิดเนื่องจากใบหรือกิ่งหลุดร่วงไป เรียก ลิฟสคาร์ (Leaf scar) และทวิกสคาร์ (Twig scar) ตามลำดับ ในรอยแผลเหล่านี้ อาจเห็นรอยแผลเล็กๆ ของกลุ่มท่ออาหารที่ต่อกับใบ หรือกิ่งด้วย เรียก บันเดิลสคาร์ (Bundle scar) หรือวาสคิวลาร์ บันเดิลสคาร์ (Vascular bundle scar) สำหรับท่อลำเลียงซึ่งเกิดต่อจากลำต้นไปยังใบหรือตาข้างมีชื่อเรียกว่า ลิฟเทรซ (Leaf trace) และบันเดิลเทรซ (bundle trace) ตามลำดับ เมื่อท่อลำเลียงนั้นเบนออกจากลำต้นสู่ก้านใบทำให้บริเวณนั้นไม่มีท่อลำเลียงมีแต่เซลล์พื้นอยู่รอบๆ เรียกบริเวณนั้นว่า ลิฟแกป (Leaf gap) และบัดแกป (Bud gap) ทำให้ท่อลำเลียงต่อกันตลอดตั้งแต่รากไปลำต้น สู่ตาและใบ การแตกกิ่งของลำต้นจะเจริญมาจากเซลล์ตรงบริเวณนอก 1-2 เซลล์ ไปเป็นกิ่งใบของลำต้นเรียกการแตกกิ่งแบบ เอกโซจีนัส (Exogenous branching)

หน้าที่ของลำต้น

1. เป็นแกนสำหรับช่วยพยุง (Supporting) กิ่ง ก้าน ใบ ดอก และให้ใบกางออกรับแสงแดด เพื่อประโยชน์ในการสังเคราะห์แสง
2. เป็นตัวกลางสำหรับลำเลียง (Conduction) น้ำ เคลื่อนแร่ อาหาร และสารเมแทบอลิต์ต่างๆ ส่งผ่านไปยังส่วนต่างๆ ของพืช
3. สร้างเนื้อเยื่อและส่วนต่างๆ ของพืชใหม่ เช่น ใบ ดอก ผล เมล็ดคนนอกจากนี้ลำต้นอาจมีหน้าที่พิเศษอื่น ๆ อีก เช่น สะสมอาหาร สังเคราะห์แสง สืบพันธุ์ เปลี่ยนเป็นมือเกาะ ช่วยพยุงค้ำจุนลำต้น ตลอดทั้งสร้างสารทุติยภูมิต่างๆ ได้แก่ แทนนิน น้ำยาง เรซิน ลาเทกซ์ เป็นต้น

การเจริญของปลายยอด

จากการศึกษาบริเวณปลายยอด (long section) ที่ตัดตามยาว สามารถแบ่งลักษณะของปลายยอดได้ดังนี้

1. บริเวณเนื้อเยื่อเจริญ (Meristematic zone) คือ บริเวณปลายสุดของยอดอ่อนหรือตา ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดหรือโพรมอริสเต็ม แบ่งตัวเพิ่มปริมาณอยู่ตลอดเวลา เพื่อสร้างส่วนยอดของลำต้นและใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. บริเวณที่เซลล์ขยายตัวตามยาว (Elongation zone) อยู่ถัดลงไปจากบริเวณแรก เซลล์มีการขยายขนาดตามยาว ทำให้ส่วนยอดยึดยาวและลำต้นสูงขึ้น ต่อมาเซลล์เหล่านี้จะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปเป็นเนื้อเยื่อเจริญปฐมภูมิ คือ โพรโทเดิร์ม โพรแคมเบียมและกราวด์ เมอริสเต็ม

3. บริเวณที่เซลล์มีการพัฒนาและเจริญเต็มที่ (Zone of differentiation maturation) เนื้อเยื่อเจริญปฐมภูมิจะมีการเจริญพัฒนาและค่อยๆ เปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะต่อไปอีก จนกระทั่งกลายเป็นเนื้อเยื่อถาวรปฐมภูมิ กล่าวคือ ชั้นของโพรโทเดิร์มซึ่งมีความหนาเพียงชั้นเดียวอยู่นอกสุด จะเปลี่ยนไปเป็นเอพิเดอร์มิส ชั้นโพรแคมเบียมจะเปลี่ยนเป็นไซเลมปฐมภูมิ โพลเอียมปฐมภูมิและวาสคิวลาร์ แคมเบียม ซึ่งอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม และเป็นหย่อมๆ เรียก กลุ่มท่อลำเลียงหรือวาสคิวลาร์บันเดิล (Vascular bundle) ในบริเวณสตีล (Stele) ส่วนชั้นนอกของกราวด์ เมอริสเต็มจะกลายเป็นเซลล์พื้น (Ground tissue) ได้แก่ พARENไคมา คลอเรนไคมา สเคลอเรนไคมาในส่วนของคอร์เท็กซ์และไส้ใน

ลักษณะภายในของลำต้นพืช

การเจริญเติบโตขั้นแรกของพืชใบเลี้ยงคู่

เมื่อตัดลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ตามขวาง จะประกอบด้วยเนื้อเยื่อต่างๆ ดังนี้

1. เอพิเดอร์มิส (Epidermis) เป็นเนื้อเยื่อที่อยู่ชั้นนอกสุดของลำต้น ประกอบด้วยเซลล์ชั้นเดียว ลำต้นพืชบางชนิดจะมีขนหรือต่อมยื่นออกมา ลำต้นที่อ่อนจะพบปากใบด้วย เอพิเดอร์มิสมักมีคิวทินฉาบที่ผนังเซลล์ด้านนอก พืชที่เจริญในที่แห้งแล้งจะมีคิวทินฉาบอยู่หนา เอพิเดอร์มิสเป็นเซลล์ที่มีชีวิตจึงสามารถเจริญเติบโตอยู่ได้นาน

2. คอร์เท็กซ์ (Cortex) ประกอบด้วยเซลล์หลายชั้นอยู่ถัดจากเอพิเดอร์มิสเข้าไปข้างใน อาทิเช่น เซลล์คลอเรนไคมาเรียงอยู่เป็นวงรอบลำต้นหรืออยู่ตามเหลี่ยม ตามมุม และส่วนโค้งของลำต้น ซึ่งจะช่วยทำให้ลำต้นแข็งแรง ถัดเข้าไปเป็นเซลล์พARENไคมา ถ้าเป็นลำต้นไม้ล้มลุก ชั้นคอร์เท็กซ์จะประกอบด้วย เซลล์พARENไคมาเป็นส่วนใหญ่ ส่วนลำต้นพืชไม้เนื้อแข็งอาจมีเซลล์สเคลอเรนไคมาแทรกอยู่ด้วย

ในลำต้นที่อ่อนอยู่ เซลล์ที่อยู่บริเวณคอร์เท็กซ์ส่วนนอกซึ่งเป็นเซลล์พARENไคมา มักมีคลอโรพลาสต์อยู่จะเรียก คลอเรนไคมา (Chlorenchyma) มีบทบาทช่วยในการสังเคราะห์แสงได้ด้วย นอกจากนี้เซลล์ชั้นคอร์เท็กซ์ สามารถสังเคราะห์สาร ได้แก่ สารทุติยภูมิ แทนนิน ยาง เรซิน รวมทั้งน้ำมันระเหยต่างๆ เป็นต้น

ชั้นในสุดของคอร์เทกซ์เป็นชั้น เอนโดเดอร์มิส (Endodermis) ซึ่งเป็นเซลล์ชั้นเดียว มีผนังค่อนข้างหนา บางครั้งจะพบเม็คแป็งอยู่มาก โดยทั่วไปลำต้นของพืชส่วนใหญ่มักไม่เห็นชั้น เอนโดเดอร์มิสหรือไม่มีเลย

3. สตีล (Stele) เป็นเนื้อเยื่อซึ่งประกอบด้วยกลุ่มท่อลำเลียง เรียงตัวเป็นวงรอบลำต้น อย่างเป็นระเบียบ โดยมีโฟลเอ็มปฐมภูมิอยู่ด้านนอกและไซเลมปฐมภูมิอยู่ด้านใน ระหว่างไซเลมและโฟลเอ็มมีวาสคิวลาร์ แคมเบียม ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเจริญที่มีความหนาเพียงชั้นเดียวคั่นกลางอยู่ มีลักษณะเป็นแถบยาวเรียก ฟาสซิคิวลาร์แคมเบียม (Fascicular cambium) สำหรับไซเลมปฐมภูมิ ประกอบด้วยโพรโทไซเลมและเมตาไซเลม ส่วนโฟลเอ็มปฐมภูมิประกอบด้วยโพรโทโฟลเอ็มและเมตาไซเลมเช่นเดียวกับที่พบในราก การแก่ตัวของไซเลมเกิดจากด้านในหรือศูนย์กลางออกไป ข้างนอกแบบเติบโตหนีศูนย์กลาง (Centrifugal growth) มีโพรโทไซเลมอยู่ข้างในของเมตาไซเลมอีกทีหนึ่ง เรียก ไซเลมแบบนี้ว่า เอนดาร์ชไซเลม (Endarch xylem)

พารนไคมา (Parenchyma)

ลักษณะทั่วไปของพารนไคมา

1. เซลล์ยังคงมีชีวิตอยู่เมื่ออายุมาก
2. เซลล์มีรูปร่างหลายแบบ เช่น รูปร่างค่อนข้างรี กลม รูปทรงกระบอก
3. ผนังเซลล์บางเป็นผนังเซลล์ชั้นแรกประกอบด้วยสาร เซลลูโลส มีพิกซ์ แบบไม่มีขอบ
4. แวกคิวโอลมีขนาดใหญ่มาก เกือบเต็มเซลล์ บางเซลล์มีคลอโรพลาสต์อยู่ด้วย เรียก คอลเรนไคมา บางเซลล์มีอาหารเก็บสะสมไว้
5. เซลล์พารนไคมาแต่ละเซลล์จะเรียงตัวกันแบบหลวมๆ ทำให้ช่องว่างระหว่างเซลล์มีขนาดใหญ่

คอลเรนไคมา (Collenchyma)

1. เซลล์ยังคงมีชีวิตอยู่เมื่ออายุมากขึ้น แต่เซลล์ที่มีอายุมากจะแข็งและเปราะกว่าเซลล์ที่มีอายุน้อย
2. เซลล์ส่วนมากมีขนาดเล็ก ภายในเซลล์มีแวกคิวโอลใหญ่
3. ผนังเซลล์เป็นผนังเซลล์ชั้นแรกที่หนา แต่ความหนาไม่ค่อยสม่ำเสมอ
4. เซลล์แต่ละเซลล์จะเรียงตัวชิดกันมาก

สเคลอเรนไคมา (Sclerenchyma)

1. เซลล์เมื่ออายุมากขึ้นเซลล์จะตาย
2. ผนังเซลล์หนามากมีทั้งผนังเซลล์ชั้นแรก และชั้นที่สองจะประกอบด้วยสารเซลลูโลส และลิกนิน เนื้อเยื่อชนิดนี้จะมีความแข็งแรงมาก
3. ผนังเซลล์มีคุณสมบัติเป็นอิลาสติซิติ์ กล่าวคือ เมื่อรูปร่างหรือขนาดยืดออกไปแล้วสามารถหดกลับคืนสู่สภาพเดิม

4. เซลล์มีรูปร่างแตกต่างกัน ทำให้แบ่งเซลล์สเคลอเรนไคมาได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ คือ

4.1 ไฟเบอร์ (Fiber) เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างยาวมากความยาวของเซลล์จะยาวกว่าความกว้างหลายเท่าเซลล์ไฟเบอร์มีความเหนียวและยืดหยุ่นได้

4.2 สเคลอริด (Sclerid หรือ Stone cell) เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างสั้น ๆ ป้อมกว่าไฟเบอร์ รูปร่างอาจไม่แน่นอน ผนังเซลล์มีลิกนินหนามากและพบพิชชนิดไม่มีขอบจำนวนมาก

ชนิดของเซลล์ไฟเบอร์

ถ้าจำแนกไฟเบอร์ตามตำแหน่งที่พบ สามารถจำแนกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. ไชลารี ไฟเบอร์ (Xylary fiber) คือไฟเบอร์ที่พบในกลุ่มท่อน้ำ ซึ่งจะมีรูปร่างแตกต่างกัน 2 ชนิด คือ

1.1 ลิบริฟอร์ม ไฟเบอร์ (Librifom fiber) เป็นไฟเบอร์ที่ผนังหนามากและมีพิชแบบไม่มีขอบ ลักษณะคล้าย โพลเอม ไฟเบอร์

1.2 ไฟเบอร์ เทรคีด (Fiber tracheid) เป็นไฟเบอร์ที่มีผนังหนาปานกลาง และมีพิชแบบมีขอบ

2. เอกซ์ตราไชลารี ไฟเบอร์ (Extraxylary fiber) คือไฟเบอร์ที่พบในบริเวณต่างๆ ที่นอกเหนือไปจากกลุ่มท่อน้ำ

2.1 คอร์ติคัล ไฟเบอร์ (Cortical fiber) เป็นไฟเบอร์ที่บริเวณคอร์เทกซ์

2.2 โพลเอม ไฟเบอร์ (Phloem fiber) เป็นไฟเบอร์ที่พบในกลุ่มท่ออาหาร

2.3 โพลเอม ไฟเบอร์ เป็นไฟเบอร์ที่พบอยู่ในส่วนของบันเดิลชีท

2.4 เพอริไซเคิล ไฟเบอร์ (Pericylic fiber) เป็นไฟเบอร์ที่พบในเพอริไซเคิล

ไซเลม (Xylem)

ลักษณะของเนื้อเยื่อไซเลม

1. ประกอบขึ้นด้วยเซลล์ 4 ชนิด คือ เทรคีด เวสเซล เมมเบอร์ สองชนิดนี้รวมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกว่า ทราเคอริ อิลิเมนต์ (Tracheary element) และไซเลม พAREN ไคมา ไซเลมไฟเบอร์

2. มีทั้งไพรมารี ไซเลม และเซคันดารี ไซเลม ซึ่งจะพบในพืชแตกต่างกัน
3. ไพรมารี ไซเลม เป็นเนื้อเยื่อที่เกิดจากโปรแคมเบียม เจริญเปลี่ยนแปลงให้ไซเลมในระยะแรกนี้ 2 ชนิด คือ

3.1 โปรโต ไซเลม (Protoxylem) เป็นไซเลมที่เกิดขึ้นในระยะแรกของการเจริญ

3.2 เมตาไซเลม (Metaxylem) ที่เกิดขึ้นภายหลัง เซลล์มีขนาดใหญ่ มีจำนวนมาก

บางครั้งอาจมีไฟเบอร์ด้วย

4. เซคันดารี ไซเลม เกิดจากวาสคิวลาร์ แคมเบียม ประกอบด้วยเนื้อเยื่อดังต่อไปนี้

4.1 เทรทิด และ เวสเซล สำหรับลำเลียงน้ำโดยตรง

4.2 ไฟเบอร์ สำหรับให้ความแข็งแรง

4.3 พAREN ไคมา สำหรับเก็บสะสมอาหารและน้ำมัน

ไซเลม พAREN ไคมา (Xylem parenchyma)

ลักษณะของเซลล์

1. มีลักษณะรูปร่างคล้ายกับเซลล์พAREN ไคมาทั่วๆ ไป แต่เมื่ออายุมาก ผนังอาจหนาขึ้นเนื่องจากมีลิกนินสะสม แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

1.1 แอกเซียล พAREN ไคมา (Axial parenchyma) เป็นเซลล์พAREN ไคมาที่อยู่ร่วมกับเซลล์อื่นๆ ในกลุ่มท่อน้ำท่ออาหาร เรียงตัวแนวยาว

1.2 เรย์ พAREN ไคมา (Ray parenchyma) เป็นเซลล์พAREN ไคมาที่เรียงตัวแนวขวาง รอบลำต้นคล้ายเข็มขัด

2. เซลล์ที่มีผนังเซลล์ชั้นที่สองจะมีพริเกิดขึ้นด้วย

3. ทำหน้าที่เก็บสะสมอาหาร พักแป้ง น้ำมัน ผลึก และสารอื่นๆ นอกเหนือจากการช่วยลำเลียงน้ำและสารอาหาร

ไซเลม ไฟเบอร์ (Xylem fiber)

ลักษณะของเซลล์

1. เซลล์มีรูปร่างยาวๆ คล้ายไฟเบอร์ทั่วๆ ไป แต่เซลล์มีขนาดสั้นกว่า แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1.1 ไฟเบอร์ เทรทิด

1.2 ลิบริฟอร์ม ไฟเบอร์

2. ผนังเซลล์ชั้นที่สองมีลิกนินสะสมหนาอยู่มาก เพื่อช่วยให้ทราเคอริ อลิเมนต์ แข็งแรง

3. เซลล์อาจมีผนัง กั้นเป็นห้องๆ

โฟลเอ็ม (Phloem)

ลักษณะของเนื้อเยื่อโฟลเอ็ม

1. ประกอบด้วยเซลล์ 4 ชนิด คือ ซีฟ ทิวบ์ เมมเบอร์ , คอมพานีเยน เซลล์ สองชนิดนี้เรียกรวมว่า ซีฟ อลิเมนต์ โฟลเอ็ม ไฟเบอร์และโฟลเอ็มพาราเรนาโคม่า ถ้าในพืชชั้นต่ำจะพบซีฟ เซลล์ ไม่พบ ซีฟ ทิวบ์เบอร์

2. มีทั้งไฟมารี โฟลเอ็มและเซกันดารี โฟลเอ็ม ซึ่งจะพบในพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน

3. ไพรมารี โฟลเอ็ม เกิดจากโปรแคมเบีย ประกอบด้วยโฟลเอ็มที่เกิดก่อน และจะเจริญเต็มที่ในขณะที่ ซีฟ อลิเมนต์ กำลังหยุดทำงาน เรียก โปรโตโฟลเอ็ม ส่วนโฟลเอ็มที่เกิดมาทีหลังเรียก เมตาโฟลเอ็ม เมตาโฟลเอ็มจะหยุดทำงานถ้าพืชนั้นมีการเจริญเติบโตชั้นที่สองเกิดขึ้น

4. เซกันดารี โฟลเอ็ม เกิดจากวาสคิวลาร์ แคมเบีย

ซีฟ ทิวบ์ เมมเบอร์

ลักษณะของเซลล์

1. เป็นเซลล์เดี่ยวๆ รูปร่างเป็นหลอด ปลายทั้งสองเลี่ยม เซลล์ไม่มีนิวเคลียสแต่ยังคงมีชีวิตอยู่ เซลล์แต่ละเซลล์ต่อกันเป็นท่อยาวสำหรับทำหน้าที่ลำเลียงอาหาร เรียก ซีฟ ทิวบ์

2. ผนังเซลล์เป็นผนังเซลล์ชั้นแรก ประกอบด้วยสารเซลลูโลส แต่ผนังเซลล์จะมีลักษณะหนากว่าเซลล์พาราเรนาโคม่าที่อยู่ใกล้เคียง

3. ผนังเซลล์ประกอบด้วยบริเวณที่เรียกว่า Sieve area เป็นผนังบริเวณที่บางกว่าส่วนอื่นๆ และมีลักษณะเป็นรูพรุน

4. ผนังเซลล์ทางด้านปลายทั้ง 2 ด้าน มีลักษณะเป็นแผ่นเอียงและมีรูพรุนใหญ่เรียกบริเวณนี้ว่า Sieve plate หรือ Perforation plate

5. พบในกลุ่มพืชชั้นสูง

คอมพานีเยน เซลล์ (Companion cell)

ลักษณะของเซลล์

1. เซลล์มีขนาดเล็กกว่า ซีฟ ทิวบ์ เมมเบอร์ รูปร่างผอมยาวเป็นเหลี่ยม ปลายมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.

2. เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ ยังคงมีชีวิตอยู่ มีนิวเคลียสขนาดใหญ่
3. เซลล์เกิดจากการแบ่งตัวของเนื้อเยื่อโปรแคมเบียม เซลล์เดียวกับ ซีฟ ทิวบ์ เมมเบอร์ โดยเซลล์ใหม่ที่มีขนาดใหญ่จะมีขนาดใหญ่จะเจริญเป็น ซีฟ ทิวบ์ เมมเบอร์ และเซลล์ที่ขนาดเล็กเจริญเป็น คอมพานีเยน เซลล์
4. คอมพานีเยน เซลล์ จะทำหน้าที่เป็นที่เลี้ยงให้ ซีฟ เมมเบอร์ ที่มีอายุมากขึ้น
5. ผนังเซลล์เป็นผนังชั้นแรก ประกอบด้วยเซลลูโลสบางๆ
6. พบในพืชชั้นสูง

ซีฟ เซลล์ (Sieve cell)

ลักษณะของเซลล์

1. เป็นเซลล์เดี่ยวที่มีรูปร่างยาวมาก ปลายแหลม
2. ไม่มี ซีฟ เพลท แต่จะลำเลียงอาหารผ่านทาง ซีฟ เอเรีย ซึ่งมีรูพรุนอยู่ตามผนังด้านข้างของเซลล์และมีแถบไซโทพลาสท์บางๆ
3. พบในพืชที่มีท่อลำเลียงอาหารชั้นต่ำ

โฟลอม พARENไคมา (Phloem parenchyma)

1. เซลล์มีลักษณะเหมือนเซลล์พARENไคมาทั่วไป คือ เซลล์ยังคงมีชีวิตอยู่เมื่อเจริญโตเต็มที่ที่ผนังเซลล์บางและมีพิธแบบไม่มีขอบ
2. ระยะเวลาเจริญเติบโตขั้นแรกของพืช โฟลอม พARENไคมา มีรูปร่างค่อนข้างยาว และมักพบแต่ แอ็กเซียล พARENไคมา
3. ระยะเวลาเจริญขึ้นที่สองของพืช พบทั้งแอ็กเซียล พARENไคมา และเรย์ พARENไคมา
4. โฟลอม พARENไคมา ทำหน้าที่ลำเลียงอาหารและเก็บสะสมอาหาร สารต่างๆ เช่น เม็ดแป้ง ขาง ลาเทกซ์ และแทนนิน

โฟลอม ไฟเบอร์ (Phloem fiber)

ลักษณะของเซลล์

1. ลักษณะคล้ายกับไฟเบอร์ทั่วไปๆ ไป เซลล์มีผนังหนา มีผนังเซลล์ชั้นที่สอง บนผนังเซลล์ส่วนใหญ่จะมีพิธ ทั้งแบบมีขอบและไม่มีขอบ
2. จะมีโฟลอม ไฟเบอร์ขั้นแรก อยู่ทางด้านนอกๆ ของลำต้นและพบโฟลอมขั้นที่สองทั่วๆ ไปในบริเวณกลุ่มท่ออาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ไฟเบอร์ที่มีชีวิต นอกจากจะทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงแก่ท่ออาหารแล้วอาจช่วยเก็บสะสมอาหารพวกแป้งด้วย

4. อาจพบสเกลอริด ในกลุ่มของโฟลเอ็ม ไฟเบอร์เอง หรืออาจเกิดเดี่ยวๆ ก็ได้ ส่วนมากแล้วจะพบในกลุ่มท่ออาหารที่มีอายุมาก

4. ใส่ในหรือพิช (Pith) เป็นเนื้อเยื่อชั้นในสุดของลำต้นประกอบด้วยเซลล์พาราเรโนไมมา เป็นส่วนใหญ่ ทำหน้าที่สะสมอาหาร ในพืชบางชนิดอาจมีสารลิกนินสะสมอยู่ด้วยทำให้เซลล์แข็งและเซลล์มักตายในขณะที่ต้นไม้ยังเจริญไม่เต็มที่ นอกจากพิชจะพบในบริเวณใส่กลางแล้ว ยังอาจพบพิชเรียงตัวอยู่ระหว่างกลุ่มท่อลำเลียงเป็นแถบคูล้ายรัศมีจากใส่กลางเรียก พิชเรย์ (Pith ray) ทำหน้าที่สะสมอาหารและช่วยในการลำเลียงน้ำ แร่ธาตุ รวมทั้งอาหารไปทางด้านข้างตามแนวรัศมีของลำต้นด้วย

การเจริญขึ้นที่สองของพืชใบเลี้ยงคู่

การเจริญเติบโตขึ้นสองของลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีเนื้อไม้ (Woody stem) จะเกิดขึ้นภายหลังการเจริญเติบโตปฐมภูมิ เป็นการเจริญเติบโตเพื่อขยายขนาดทางด้านกว้าง อันเป็นผลจากการแบ่งตัวและการพัฒนาการของเนื้อเยื่อเจริญทุติยภูมิได้แก่ วาสคิวลาร์แคมเบียมและคอร์คแคมเบียม

1. วาสคิวลาร์ แคมเบียม เป็นเนื้อเยื่อเจริญที่อยู่ระหว่างไซเลมและโฟลเอ็ม โดยเจริญมาจากโพรแคมเบียม มีลักษณะเป็นแถบเรียกว่า ฟาสคิวลาร์ แคมเบียม (Fascicular cambium) แบ่งตัวออกทางด้านนอกเป็น โฟลเอ็มทุติยภูมิและแบ่งตัวเข้าทางด้านในได้ไซเลมทุติยภูมิ การแบ่งตัวให้ไซเลมทุติยภูมิจะเกิดขึ้นเร็วกว่าการเกิดโฟลเอ็มทุติยภูมิมาก โฟลเอ็มปฐมภูมิทางด้านนอกจะถูกโฟลเอ็มทุติยภูมิที่สร้างขึ้นใหม่ดันจนเซลล์สลายและสูญหายไปในที่สุด ระหว่างกลุ่มท่อลำเลียงที่แยกกันอยู่เป็นกลุ่มๆ ในสตีลนั้นจะมีพิชเรย์ ซึ่งเป็นพาราเรโนไมมาแทรกคั่นอยู่ด้วย เซลล์เหล่านี้ในพืชบางชนิดอาจแปรสภาพกลายเป็นเนื้อเยื่อเจริญอีกครั้งเรียก อินเตอร์ฟาสคิวลาร์ แคมเบียม ซึ่งจะเชื่อมประสานต่อกับฟาสคิวลาร์ แคมเบียม ทำให้วาสคิวลาร์ แคมเบียมเป็นวงโดยสมบูรณ์ เนื้อเยื่อเจริญที่เกิดใหม่จะแบ่งตัวให้กำเนิดกลุ่มเนื้อเยื่อท่อลำเลียงกลุ่มใหม่ เมื่อลำต้นเจริญเติบโตมากขึ้น เนื้อเยื่อท่อลำเลียงจะเชื่อมติดกัน ทำให้พืชเจริญเติบโตและขยายขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในพืชพวกไม้เลื้อยหลายชนิดมักพบว่า อินเตอร์ฟาสคิวลาร์ แคมเบียม แบ่งตัวให้เซลล์พาราเรโนไมมาและสเกลอเรโนไมมา แทนการเกิดเนื้อเยื่อท่อลำเลียงกลุ่มใหม่ก็ได้ นอกจากนี้พวกที่มีการเจริญเติบโตทุติยภูมิบางชนิดอาจไม่พบอินเตอร์ฟาสคิวลาร์ แคมเบียม ทำให้เนื้อเยื่อท่อลำเลียงแยกกันเป็นกลุ่มๆ ไม่เชื่อมติดกันเป็นวง

นอกจากนี้ระหว่างกลุ่มเนื้อเยื่อท่อลำเลียง ยังมีเซลล์ที่เติบโตมาจากแคมเบียมเป็นเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พาเรโนไคมาแทรกอยู่จากจุดกลางของลำต้นแผ่ออกเป็นรัศมี โดยมีความยาวของเซลล์ตั้งได้ฉากกับความยาวของไซเลมและโฟลเอ็ม เรียกว่า พาเรโนไคมาพวกนี้ว่า วาสคิวลาร์ เรย์ (Vascular ray) ถ้าแทรกอยู่ในโฟลเอ็ม เรียกว่าโฟลเอ็มเรย์ (Phloem ray) และถ้าแทรกอยู่ในไซเลม ก็เรียกว่า ไซเลมเรย์ (Xylemray) หรือวูดเรย์ (wood ray) ซึ่งจัดเป็นเนื้อเยื่อทุติยภูมิ ต่างจากพิริเรย์ ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อปฐมภูมิ เนื้อเยื่อตั้งแต่ไซเลมเข้าไปจนถึงแกนในสุดของลำต้นหรือพิริ เรียกว่าเนื้อไม้ (Wood) ส่วนบริเวณตั้งแต่วาสคิวลาร์ แคมเบียมออกมาด้านนอกเรียกว่า เปลือกไม้ (Bark)

2. คอร์กแคมเบียมหรือเฟลโลเจน เป็นเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นจากการแปรสภาพของเซลล์ในชั้นเอพิเดอร์มิส คอร์เทกซ์หรือโฟลเอ็ม โดยทั่วไปมักเกิดจากเซลล์พาเรโนไคมา หรือคลอเรนไคมาในชั้นคอร์เทกซ์ส่วนนอกๆ ได้ชั้นเอพิเดอร์มิส มีการแปรสภาพกลับมาเป็นเนื้อเยื่อเจริญทุติยภูมิ เมื่อลำต้นพืชมีอายุมากขึ้น คอร์กแคมเบียมจะแบ่งตัวอยู่ตลอดเวลาให้คอร์ก หรือโฟลเอ็มออกทางด้านนอก และเฟลโลเดิร์มเข้าทางด้านใน ทั้งคอร์ก คอร์กแคมเบียมและเฟลโลเดิร์มรวมเรียกว่าเพริเดิร์ม คอร์กที่เกิดขึ้นเป็นเซลล์ที่มีอายุสั้น ผนังเซลล์มักมีสารพุกชูเบอร์รินหรือลิกนินสะสมอยู่ การแบ่งตัวของคอร์กแคมเบียมจะให้คอร์กมากกว่าเฟลโลเดิร์ม เมื่อคอร์กเกิดขึ้นมากๆ จะดันชั้นชั้นเอพิเดอร์มิสให้หลุดร่วงไป คอร์กจะช่วยป้องกันการระเหยของน้ำ ความร้อน ตลอดจนอันตรายที่เกิดขึ้นจากโรคพืชและแมลง รวมทั้งการกระทบกระเทือนจากภายนอกของลำต้นพืช

เลนติเซล (Lenticel)

เลนติเซล คือ รอยแผลที่แตกเป็นทางยาว ตามขวางหรือตามยาวของลำต้นมีลักษณะเป็นรูปแวนหรือรูปเลนส์ เกิดขึ้นในขณะที่พืชมีการสร้างคอร์กหรือเพริเดิร์ม มักจะเกิดได้ปากใบ โดยเซลล์ในบริเวณนั้นเปลี่ยนรูปไปเป็นเนื้อเยื่อเจริญหรือคอร์กแคมเบียม หรือจะแบ่งตัวอย่างรวดเร็วให้เซลล์ที่มีลักษณะคล้ายเซลล์พาเรโนไคมา ผนังเซลล์บาง ไม่มีชูเบอร์รินมาสะสมเรียงตัวกันอยู่อย่างหลวมๆ มีช่องว่างระหว่างเซลล์มาก เรียก คอมพลีเมนทารีทิซซู (Complementary tissue or filling tissue) จึงทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซกับภายนอกได้สะดวก เมื่อฝนตกน้ำจะซึมเข้าไปภายในเซลล์ได้ง่าย เป็นผลให้เซลล์ขยายตัวออกและดันเซลล์ข้างเคียงอื่นๆ ในชั้นคอร์เทกซ์ จนในที่สุดจะดันชั้นเอพิเดอร์มิสให้แตกออก และกลุ่มเซลล์เหล่านี้ก็จะโผล่ออกมาสัมผัสกับอากาศภายนอก จึงปรากฏเป็นแผลหรือรอยแตกเรียก เลนติเซล ทำหน้าที่เป็นทางผ่านเข้าออกของก๊าซต่างๆ

วงปีหรือวงเติบโต (Annual ring or Growth ring)

ต้นไม้ใหญ่ที่มีเนื้อไม้ ถ้าถูกโค่นหรือตัดตามขวางจะเห็นเนื้อไม้เป็นวงๆ รอบลำต้น วงที่เห็นเหล่านี้คือ วงปีหรือวงเติบโต เกิดจากการเจริญของไซเลมทุติยภูมิซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตต่างกันในแต่ละฤดูซึ่งมีปริมาณต่างกัน กล่าวคือ ในฤดูที่มีน้ำมากหรือฤดูฝนพืชดูดน้ำได้มาก ทำให้แคมเบียมสามารถแบ่งตัวได้อย่างรวดเร็ว เกิดไซเลมทุติยภูมิเป็นจำนวนมากเซลล์อวบน้ำขนาดใหญ่ แต่ผนังบางไม่ค่อยแข็งแรง เพราะมีการสะสมลิกนินที่ผนังเซลล์น้อย เนื้อไม้ที่เกิดขึ้นเรียกว่า ไม้ต้นฤดู (Early wood หรือ Spring wood) เมื่อถึงฤดูแล้งหรือฤดูหนาว น้ำในดินมีน้อย รากดูดน้ำได้น้อยใบมักร่วงทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงของพืชลดลง เซลล์ขนาดใหญ่และอาหารมีผลให้แคมเบียมแบ่งตัวช้ามีผลให้แคมเบียมแบ่งตัวช้าหรือไม่เกิดเลย ไซเลมทุติยภูมิจึงมีจำนวนน้อยขนาดเล็กผนังหนา มีการสะสมลิกนินมากเกินไป ขนาดเล็กผนังหนา มีการสะสมลิกนินมากทำให้เซลล์ที่เกิดขึ้นแข็งแรง เนื้อไม้ที่เกิดขึ้นเรียกว่า ไม้ปลายฤดู (Late wood หรือ summer wood) มักมีสีเข้มและเป็นวงชั้นนอกของวงปี เมื่อเนื้อไม้เกิดขึ้นครบ 2 ฤดู แล้วจะได้วงปี 1 วง ประกอบด้วยไม้ต้นฤดูซึ่งมีสีเข้มและพื้นที่แคบกว่า บางกรณีพบว่าวงเติบโตที่เกิดขึ้นอาจมีมากกว่า 1 วง ในปีหนึ่ง ๆ ทั้งนี้เนื่องจากผลกระทบของสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของสภาพดินฟ้าอากาศ การถูกรบกวนโดยโรคพืช หรือแมลงทำให้เกิดการเจริญของพืชชะงักต่อเมื่อสภาพต่าง ๆ เข้าสู่ภาวะปกติแล้วพืชจะมีการเจริญเติบโตต่อไปได้อีกทำให้เกิดวงปีมีมากกว่า 1 วง หรือเกิดเนื้อไม้ที่มีวงปีเจริญไม่สมบูรณ์เรียกว่า วงเติบโตปลอม

(False growth ring)

การนับวงปีของพืชในต้นไม้ใหญ่ๆ เพื่อบอกอายุของพืชนั้น ควรนับจากวงปีบริเวณโคนของลำต้น เนื่องจากส่วนปลายของลำต้นพืชจะมีวงปีน้อยลงตามลำดับ

กระพี้และแก่น (Sap wood and heart wood)

พืชยืนต้นที่มีอายุมากๆ จะมีสีของเนื้อไม้แตกต่างกันทำให้สามารถแบ่งเนื้อไม้ได้เป็น 2 ส่วน คือ

1. กระพี้ (Sap wood) เป็นเนื้อไม้ส่วนนอกมีสีเหลืองอ่อนและจางกว่าเนื้อไม้ส่วนใน กระพี้เป็นเนื้อไม้หรือไซเลมที่เกิดขึ้นภายหลัง สามารถทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและแร่ธาตุได้ดี มีสารต่างๆ สะสมบนผนังเซลล์น้อยสีจาง เนื้อไม้ก็ไม่แก่นัก เมื่อต้นไม้มีอายุมากขึ้นกระพี้ก็ค่อยกลายเป็นแก่น ไม้ส่วนเนื้อไม้ตอนนอกที่เจริญเติบโตขึ้นใหม่จะเป็นกระพี้่อีกเช่นเดียวกัน

2. แก่น (Heart wood) เป็นเนื้อไม้หรือไซเลมที่เกิดขึ้นก่อนมานานมีการสะสมของสารต่าง ๆ ภายในเซลล์ ได้แก่ แทนนิน เรซิน น้ำมันหอมระเหย กรดอินทรีย์และรงควัตถุต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่มากทำให้เกิดการอุดตันของท่อลำเลียง เซลล์มีสีเข้ม แข็งแรงมากสามารถทนต่อแมลงและศัตรูพืชได้เนื้อไม้ส่วนนี้เล็กทำหน้าที่ในการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุต่างๆแล้วนอกจากนี้เซลล์พารานโคมาที่อยู่ข้างเคียงกับเวสเซลล์ที่มีชีวิตอยู่ถูกกระตุ้น จากสารพวกแทนนินแล้วจะเจริญเติบโตใหญ่ขึ้นทุกที ดันผ่านผนังบางๆ หรือส่วนของพืชของเวสเซลล์หรือเทรคิตที่อยู่ติดกันแทรกเข้าไปอยู่ในเซลล์ของเวสเซลล์หรือเทรคิต ส่วนที่แทรกผ่านลง ไปนี้จะเจริญเติบโตมีรูปร่างเป็นก้อนๆ อุดตันเต็มช่องว่างของเวสเซลล์หรือเทรคิตขวางกั้นทางเดินของน้ำและเกลือแร่ เซลล์ที่เกิดขึ้นในลักษณะนี้เรียกว่า ไทโลส (Tylose) ปรากฏการณ์อุดแบบนี้เรียกว่า ไทโลสซิส (Tylosis) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า แก่นทำหน้าที่ค้ำจุนให้ความแข็งแรงแก่พืชเพียงอย่างเดียว ในขณะที่กระพี้ทำหน้าที่ลำเลียง เก็บสะสมอาหาร ค้ำจุน และให้ความแข็งแรงแก่พืช



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 คำบรรยายประกอบหุ่นจำลอง

คำบรรยายประกอบหุ่นจำลองเรื่อง หุ่นจำลองลักษณะภายในของลำต้นพืช

ลำดับที่	รายการ	คำบรรยาย
1.	<p>บพหน้า</p> <p>Epidermis</p>	<p>หุ่นจำลองลักษณะภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ แสดงให้เห็นถึงลักษณะภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ ซึ่งสามารถมองเห็นลักษณะของเนื้อเยื่อดังต่อไปนี้</p> <p>เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกสุด โดยทั่วไปอีพิเดอร์มิส ประกอบด้วยเซลล์ชั้นเดียวเรียงตัวชิดกันแน่น ไม่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ รูปร่างของเซลล์เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแบนยาวหรือรูปร่างต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช หน้าที่ของอีพิเดอร์มิสมีหน้าที่หลายประการเช่น ช่วยป้องกันอันตรายเกี่ยวกับการคายน้ำ และการเปลี่ยนแปลง สดสมน้ำและสารที่ได้จากขบวนการเมตาบอลิซึม เกี่ยวกับการสังเคราะห์แสง การจับของเสียหรือสร้างเซลล์ใหม่ปกคลุมเมื่อมีบาดแผล</p>
2.	Cork	<p>เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกสุดของส่วนต่าง ๆ ของพืช เกิดจาก Cork cambium ในระยะการเจริญเติบโตขั้นที่สอง โดยเกิดขึ้นแทนที่ของ Epidermis ส่วนใหญ่พบตามเปลือกนอกของตามลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่</p>
3.	Cortex	<p>ประกอบด้วยเซลล์หลายชั้นถัดจาก Epidermis เข้าไปข้างใน เช่น เซลล์ Collenchyma และ Parenchyma</p>
4.	Parenchyma	<p>เป็นเนื้อเยื่อถาวรเชิงเดี่ยว เป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อเกี่ยวกับการลำเลียงทั้ง Xylem และ Phloem Parenchyma ที่อยู่ในกลุ่มท่อลำเลียง</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	รายการ	คำบรรยาย
5.	Collenchyma หรือ Sclerenchyma กลุ่มท่อลำเลียง	ผนังเซลล์ของ Collenchyma ส่วนใหญ่เป็นสารพวก เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส สารประกอบเพ็คติน ไม่มีลิกนินสะสมหรือฉาบหนาตามมุมของเซลล์ หน้าที่ Collenchyma ช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับพืชพบในลำต้นหรือส่วนของพืชที่โค้งมนเป็นสัน เป็นกลุ่มเนื้อเยื่อถาวรเชิงซ้อน ประกอบด้วย Xylem และ Phloem จึงเรียกรวมกันว่าเนื้อเยื่อลำเลียง (Vascular tissue) หรือกลุ่มท่อลำเลียง (vascular bundle) มีดังนี้
6.	Xylem	ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำ แร่ธาตุ ที่รากดูดจากใต้ดินถูกส่งไปยังลำต้นและใบเพื่อสังเคราะห์แสง ประกอบด้วยเนื้อเยื่อหลายชนิด
7.	Primary Xylem	เป็น Xylem ที่เกิดในระยะแรกซึ่งกำเนิดมาจาก Procambium
8.	Xylem Parenchyma	เป็นเซลล์ที่มีชีวิต พบทั้งในไซเลมปฐมภูมิและทุติยภูมิ ทำหน้าที่สะสมอาหาร เช่น แป้ง ไขมัน เมื่อถึงฤดูกาลเจริญเติบโต จะมีแทนนิน ฟลิก ของสารและสารอื่นๆ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ลำเลียงอาหารออกไปด้านข้างของพืช
9.	Phloem	ประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด ได้แก่ (Sieve element) แบ่งออกเป็นเซลล์ตะแกรง (Sieve cell) และหลอดตะแกรง (Sieve tube) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการลำเลียงอาหารจากบริเวณที่มีสีเขียวไปยังส่วนอื่น ของลำต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.

ลำดับที่	รายการ	คำบรรยาย
10	Primary Phloem	เกิดจาก Procambium ประกอบด้วย Phloem ที่เกิดก่อนและจะเจริญเต็มที่ขณะที่ Sieve element กำลังหยุดทำงาน เรียก Porphloem ส่วน Phloem ที่เจริญต่อมาภายหลัง เรียก Metaphloem จะหยุดทำงานถ้าพีชนั้นหยุดการเจริญเติบโตชั้นที่สองเกิดขึ้น
11	Secondary Phloem	เกิดจาก Vascular cambium ถ้าเปรียบเทียบระหว่าง Secondary Phloem กับ Secondary Xylem จะพบว่าเซลล์ที่ประกอบกันเป็นเนื้อเยื่อ Secondary Phloem จะมีผนังที่ไม่แข็งแรงและคงทนเท่า Secondary Xylem
12	Sieve tubes	เป็นเซลล์ที่ติดกันอยู่หลายเซลล์ เรียกว่า หลอดตะแกรงมีลักษณะเป็นท่อยาว ผนังเซลล์เป็น Primary Wall บริเวณที่เป็นผนังเซลล์เดิมเป็นรูของ Pice จะเปลี่ยนเป็นแผ่นบางๆมีรูพรุนเล็กน้อยคล้ายแผ่นตะแกรงจำนวนมากทำหน้าที่เกี่ยวกับการลำเลียง
13	Companion cell	เป็นเซลล์ที่ติดอยู่กับเซลล์ตะแกรง มีขนาดเล็กเป็นเซลล์ที่มีชีวิต ผนังเซลล์ด้านข้างที่ติดต่อกับเซลล์ตะแกรงจะบางและมีรอยเว้ามาก ทำหน้าที่ในการช่วยเหลือในการทำงานของ Sieve tube member
14	Phloem Parenchyma	เป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่สะสมอาหารพวกแป้ง ผลึกแทนนิน พบ Phloem Parenchyma ทั้งใน โพลีเอมปรัมภูมิและ โพลีเอมทุติภูมิ ซึ่งจะทำหน้าที่ในการลำเลียงอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	รายการ	คำบรรยาย
15	Fiber	Fiber หรือเรียกว่าเส้นใยเป็นเซลล์ผนังบางคล้าย Parenchyma แต่ขนาดเล็กกว่าแนบอยู่ข้าง ๆ เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างยาวมาก ๆ ความยาวของเซลล์ จะยาวกว่าความกว้างของเซลล์หลายเท่า เซลล์ Fiber มีความเหนียวและยืดหยุ่นได้
16	pith	เป็นเนื้อเยื่อชั้นในสุดของลำต้นประกอบด้วยเซลล์ Parenchyma เป็นส่วนใหญ่ ทำหน้าที่สะสมอาหารในพืชบางชนิดอาจมีการสะสมลิคินินสะสมอยู่ด้วยทำให้เซลล์แข็งและเซลล์มักตายในขณะที่ต้นไม้ยังไม่เจริญเต็มที่
17	Vascular cambium	เป็นเนื้อเยื่อเจริญที่อยู่ระหว่าง Xylem และ Phloem โดยเจริญมาจาก Procambium มีลักษณะเป็นแถบเรียกว่า Fascicular cambium แบ่งตัวออกทางด้านนอกเป็นโฟลเอ็มทูติเยอุมและแบ่งตัวเข้าทางด้านในเป็นไซเลมทูติเยอุมจะเกิดขึ้นเร็วกว่าการเกิดโฟลเอ็มทูติเยอุม โฟลเอ็มปฐมภูมิทางด้านนอกจะถูกโฟลเอ็มทูติเยอุมที่สร้างขึ้นใหม่ดันจนเซลล์บอบสลายและสูญหายไปไปในที่สุด
18	Vascular ray	เป็นเซลล์ที่เจริญเติบโตมาจาก Cambium เป็นเซลล์ Parenchyma แทรกอยู่จากจุดกึ่งกลางของลำต้นแผ่ออกเป็นรัศมี โดยมีความยาวของเซลล์ตั้งได้ฉากกับความยาวของ Xylem และ Phloem
19	Xylem ray	เป็นเซลล์ของ Parenchyma ที่แทรกตัวอยู่ใน Xylem และ Phloem

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	รายการ	คำบรรยาย
20	Xylem fiber	คือ fiber ที่พบในกลุ่มท่อลำเลียง มีรูปร่างแตกต่างกัน 2 ชนิด คือ Libriform fiber เป็นไฟเบอร์ที่มีผนังหนามาก และ Fiber tracheid เป็นไฟเบอร์ที่มีผนังหนาปานกลาง ทำหน้าที่ค้ำจุนให้ความแข็งแรงและช่วยเหลือการทำงานของเซลล์ลำเลียง
21	Cork cambium	เป็นเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นจากการแปรสภาพของเซลล์ในชั้น Epidermis Cortex หรือ Phloem โดยทั่วไปมักเกิดจากเซลล์ Parenchyma หรือ Collenchyma ในชั้นของคอร์เทกซ์ส่วนนอกๆ ได้ชั้น Epidermis
22	วงปีหรือวงเติบโต (Annual ring or Growth ring)	คือชั้นของ ไชเลมทุติยภูมิที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล คือ ไชเลมที่เกิดขึ้นในฤดูกาลเจริญเติบโต (Spring wood หรือ Early wood) จะประกอบขึ้นด้วยเซลล์ที่มีขนาดใหญ่ ผนังเซลล์บาง เซลล์จัดเรียงตัวอยู่หลวมๆ ทำให้มีสีจาง
23	Sap wood	พืชยืนต้นที่มีอายุมากๆ จะมีสีของเนื้อไม้แตกต่างกัน ทำให้แบ่งเนื้อไม้ ออกได้ 2 ส่วน คือ กระจี (Sap wood) เป็นเนื้อไม้ส่วนนอกที่มีสีอ่อน และจางกว่าเนื้อไม้ส่วนในกระจีเป็นเนื้อไม้หรือ ไชเลมที่เกิดขึ้นภายหลัง สามารถทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและอาหาร ได้ดีมีสารต่างๆ สะสมบนผนังเซลล์น้อยจึงมีสีจาง เมื่อต้นไม้โตขึ้นกระจีก็จะค่อยๆ กลายเป็นแก่น แก่น (Heart wood) เป็นเนื้อไม้หรือ ไชเลมที่เกิดขึ้นก่อนมานานมีการสะสมสารต่างๆ ภายในเซลล์ได้แก่ แทนนิน เรซิน น้ำยาง รงควัตถุต่างๆ อยู่มาก ทำให้เซลล์มีการอุดตันของท่อลำเลียง เซลล์มีสีเข้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนการสร้างหุ่นจำลอง

3.4.1 วิธีการดำเนินการสร้างหุ่นจำลองลักษณะภายในของลำต้นพืช

วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างหุ่นจำลองลักษณะภายในของลำต้นพืช แบ่งได้ดังนี้

1. วัสดุที่ใช้ในการทำหุ่นจำลอง

- ปูนปลาสเตอร์
- ดินเหนียว
- สีน้ำพลาสติก
- หมึก indian ink
- น้ำยาเคลือบเงา
- กาวลาเทกซ์

2. อุปกรณ์ที่ใช้ทำหุ่นจำลอง

- ไม้กระดาน ไม้อัด ขนาด 1 x 2 ฟุต
- ถ้วยตวง
- กาละมังพลาสติก
- ถังขนาด 20 ลิตร
- เทปวัด
- เครื่องมือแกะสลัก
- แปรงทาสี
- ผ้ากำมะหยี่ ขนาด 60 x 80 เซนติเมตร
- กระดาษทราย
- เหล็กฉากเพื่อประกอบเป็นชั้นวางหุ่นจำลอง

3.4.2 วิธีการสร้างหุ่นจำลองลักษณะภายในของลำต้นพืช

การทำปัญหาพิเศษเรื่อง หุ่นจำลองลักษณะภายในของลำต้นพืช (MODEL OF STEM INSIDE CHARACTERISTICS) มีขั้นตอนดังนี้

1. เลือกเรื่องในการทำปัญหาพิเศษที่น่าสนใจในที่นี้ผู้จัดทำได้เลือกทำเรื่องหุ่นจำลองลักษณะโครงสร้างภายในของลำต้นพืช ที่แสดงให้เห็นรูปร่างโครงสร้างภายในของลำต้นพืช ซึ่งเริ่มตั้งแต่ ชั้นเปลือกภายนอก อพิเตอร์มิส คอร์เทกซ์ ระบบลำเลียง พืช ซึ่งในการจัดทำหุ่นจำลองได้ขยายขนาดให้ใหญ่ขึ้นกว่าของจริง เพราะเป็นที่น่าสนใจและยังเป็นสื่อการเรียนการสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทของจริงที่แปลกใหม่ สามารถเร้าความสนใจให้ผู้เรียนมีความสนใจและเข้าใจในบทเรียนมากขึ้น

2. ศึกษาหลักสูตรและเนื้อหาที่สอน เรื่อง โครงสร้างภายในของลำต้นพืชในระดับการศึกษาต่างๆ ได้แก่ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงและระดับปริญญาตรี

3. ศึกษาเอกสารวิธีการสร้างหุ่นจำลอง แสดงลักษณะโครงสร้างภายในของลำต้นพืช จากหนังสือเอกสารต่างๆ ผู้จัดทำได้พบปัญหาในการค้นคว้า เพราะเหตุที่หนังสือที่เกี่ยวกับการสร้างหุ่นจำลองมีจำนวนน้อยมาก

4. เสนอโครงร่างปัญหาพิเศษ พร้อมขออนุมัติทำปัญหาพิเศษ

5. ทำการวางแผนในการจัดสร้างหุ่นจำลองลักษณะ โครงสร้างภายในของลำต้นพืช

ดังนี้

5.1 ออกแบบหุ่นจำลองให้ครอบคลุมเนื้อหา

5.2 ดำเนินการสร้างหุ่นจำลองตามแบบ

ก. ทำการหล่อแม่พิมพ์ตามแบบ

- นำดินเหนียวขึ้น โครงร่างทำเป็นแม่พิมพ์ตามแบบ Lay out ที่กำหนด
- ใช้ไม้กระดานไม้อัด ขนาด 1 x 2 ฟุต จำนวน 4 แผ่นเป็นโครงแบบ
- ปั้นแม่พิมพ์ตาม Lay out ที่กำหนดไว้ให้ได้ขนาดรูปร่างตาม

ที่ต้องการ

ข. การหล่อหุ่นจำลอง

- ใช้ปูน วัสดุพลาสติก หล่อลงบนแม่พิมพ์ อัตราส่วนของปูนพลาสติกกับน้ำเท่ากับ 3 : 1 ทิ้งไว้จนปูนแข็ง 6 - 8 ชั่วโมง

ค. การแกะพิมพ์

- เมื่อปูนแข็งแล้วทำการแกะพิมพ์โดยใช้มีดหรือส้อมเล็กๆ แกะดินที่เป็นแม่พิมพ์โดยการกระเทาะเพื่อให้ดินหลุดออก ขั้นตอนนี้ต้องใช้ความระมัดระวัง เพื่อมิให้ส่วนใดของปูนได้รับความเสียหาย

- ทำการตกแต่งชิ้นส่วนของหุ่นโดยการแกะสลัก แต่งเติมด้วย

ปูนพลาสติกในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์

ง. การใช้สีและการตกแต่ง

- ใช้กระดาษทรายลบมุมหรือส่วนที่ไม่ต้องการออก
- ลงสีด้วยสีพลาสติก เนื่องจากมีความคงทนกว่าสีทั่วไป
- ตกแต่งพิมพ์บางจุดของชิ้นงาน เพื่อให้ดูเป็นรูปร่างคล้ายของจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พ่นด้วยสเปรย์หรือน้ำมันเคลือบเงาเพื่อป้องกันการหลุดของสี เพื่อเพิ่มความสวยงามให้กับชิ้นงาน

- ตัดหมายเลขเพื่อแสดงบอกส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างภายในของลำต้นพืช และจัดทำเอกสารคำบรรยายอุปกรณ์ เพื่อใช้ในการอธิบายส่วนของลักษณะโครงสร้างภายในของลำต้นพืช เมื่อนำไปประกอบการเรียนการสอน

6. จัดทำโต๊ะและพลาสติกครอบหุ่นจำลอง เพื่อป้องกันการเคลื่อนย้าย และป้องกันความเสียหายที่อาจมากระทบกระเทือนต่อตัวหุ่นจำลอง

7. ตรวจสอบความสมบูรณ์โดยอาจารย์ที่ปรึกษา

8. จัดทำภาคเอกสารและจัดพิมพ์

9. นำปัญหาพิเศษที่สมบูรณ์เสนอต่อคณะกรรมการประเมินผลปัญหาพิเศษ

3.5 คู่มือการใช้หุ่นจำลอง

3.5.1 ผู้สอนควรทำความเข้าใจเนื้อหาในวิชาที่สอนและคู่มือเล่มนี้ก่อนการสอน

3.5.2 ควรทำการศึกษาเกี่ยวกับตัวอุปกรณ์ให้เข้าใจก่อนว่า จุดไหนคืออะไร ก่อนการใช้อุปกรณ์จริงประกอบการสอน

3.5.3 หุ่นจำลองชุดนี้ใช้ประกอบการสอนแบบบรรยายอาจจะให้นักเรียนหรือนักศึกษาดูก่อนการบรรยาย หรือหลังการบรรยาย หรืออาจจะให้ดูประกอบการสอนไปพร้อมๆ กัน

3.5.4 ในกรณีที่สถานศึกษามีกล้องจุลทรรศน์ ควรใช้อุปกรณ์ชุดนี้ ให้ดูเปรียบเทียบขณะกำลังเรียนหรือ บรรยายก่อนให้ดูตัวอย่างจริง

3.5.5 อุปกรณ์ชุดนี้สามารถนำมาใช้ในการทดสอบ หรือประเมินผลโดยการปิดคำบรรยายได้

3.5.6 เมื่อสอนเสร็จแล้วควรให้นักเรียนได้ดูภาพ หรือของจริง จากการตัดส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อเปรียบเทียบกับตัวอุปกรณ์ จะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

3.5.7 เวลาสอนควรใช้คู่มือเล่มนี้สอนประกอบกับตัวอุปกรณ์ร่วมกัน ควรสอนตามลำดับขั้นตอนตามคู่มือ ซึ่งคู่มือประกอบการบรรยายหุ่นจำลอง โครงสร้างภายในของลำต้นพืช จะมีเนื้อหาเหมือนในบทที่ 3 ในหัวข้อคำบรรยายประกอบหุ่นจำลอง

3.6 ผลงาน

ผลงานแสดงหุ่นจำลอง โครงสร้างภายในของลำต้นพืชที่ทำจากปูนปลาสเตอร์ มีผลงานรวมทั้งหมด 4 ชิ้น ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แสดงลักษณะวงปีของพีชใบเลี้ยงคู่
2. แสดงลักษณะภายในของลำต้นพีชใบเลี้ยงคู่ ในแนวยาว (long section) และแนวขวาง (cross section)
3. แสดงลักษณะของกลุ่มเซลล์ที่อน้ำในแนวยาว (long section) และแนวขวาง (cross section)
4. แสดงลักษณะของกลุ่มเซลล์ที่อาหารในแนวยาว (long section) และแนวขวาง (cross section)

โดยหุ่นจำลองทั้ง 4 ชั้นนี้ได้จัดวางบนชั้นวาง ที่มีล้อเลื่อนและมีกรอบพลาสติกกรอบ ที่จัดทำขึ้นโดยเฉพาะ ซึ่งข้างในจะบุด้วยผ้ากำมะหยี่ขนาด ความยาว 80 เซนติเมตร ความกว้าง 60 เซนติเมตรและวางหุ่นจำลองทั้ง 4 ชั้น โดยจะติดหมายเลขกำกับบอกส่วนต่างๆ ของเซลล์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

สรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุป

ในการจัดทำปัญหาพิเศษในครั้งนี มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตสื่อการเรียนการสอนประเภทหุ่นจำลองเรื่อง หุ่นจำลองลักษณะภายในของลำต้นพืช เพื่อให้ประกอบการเรียนการสอน เนื้อหาในหัวข้อเรื่อง โครงสร้างภายในของลำต้นพืชและที่เกี่ยวข้อง มีขอบเขตในการจัดทำคือ จัดทำหุ่นจำลองแสดงภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ และจัดทำคู่มือการใช้ หุ่นจำลอง

การดำเนินการจัดทำเริ่มจาก การศึกษาเนื้อหาวิชาที่สามารถทำหุ่นจำลองเรื่องโครงสร้างภายในของลำต้นพืช ศึกษารวบรวมเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับหุ่นจำลอง วิธีการสร้างหุ่นจำลองประเภทต่างๆ แล้ววางแผนในการจัดสร้างหุ่นจำลองโครงสร้างภายในของลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ เมื่อทำการศึกษารายละเอียดทั้งหมดแล้ว เริ่มจัดเตรียมอุปกรณ์ที่จะนำมาสร้างเป็นหุ่นจำลอง ขั้นตอนการทำเริ่มจากการออกแบบหุ่นจำลองที่ครอบคลุมเนื้อหา แล้วดำเนินการสร้างแม่พิมพ์ตามแบบ โดยการนำดินเหนียวมาหล่อเป็นแม่พิมพ์ตามแบบที่กำหนด แล้วนำปูนปลาสเตอร์มาผสมกับน้ำหล่อลงบนแม่พิมพ์ทิ้งไว้จนปูนแข็ง หลังจากนั้นก็ทำการแกะแม่พิมพ์ออก ขั้นตอนนี้ต้องทำด้วยความระมัดระวัง เพื่อมิให้ส่วนใดของปูนได้รับความเสียหายหลังจากแกะแม่พิมพ์เสร็จแล้วนำวาสลินทาลงไปในตัวพิมพ์ด้านในให้ทั่วเพื่อป้องกันการติดของปูนปลาสเตอร์อีกชั้นที่จะเทลงไม่เป็นตัวพิมพ์แล้วทิ้งไว้ประมาณ 5-6 ชั่วโมง แล้วกระเทาะส่วนของแม่พิมพ์ออก หลังจากนั้นก็ทำการตกแต่งส่วนของหุ่นจำลองโดยการแกะสลักและแต่งเติมในส่วนที่ไม่สมบูรณ์ ตกแต่งลงสีให้สวยงามตรวจสอบความบกพร่องแล้วทำการแก้ไขก่อนการเคลือบด้วยสเปรย์เคลือบเงา และจัดทำชั้นวางตู้พลาสติกที่สามารถเปิดดูหุ่นจำลองได้ชัดเจน จากนั้นทำภาคเอกสารประกอบหุ่นจำลองพร้อมคู่มือการใช้และคำบรรยายประกอบหุ่นจำลอง 1 เล่ม

ในการทำอุปกรณ์การเรียนการสอนในรูปของหุ่นจำลองที่มีอัตราส่วนใหญ่กว่าของจริง เพื่อนำไปประกอบการสอนให้เกิดประโยชน์สูงสุดนั้น ขึ้นอยู่กับวินิจัยของผู้นำไปใช้ เทคนิควิธีการ โดยต้องทำการศึกษาคู่มือการใช้และอ่านคำประกาศคำบรรยายประกอบหุ่นจำลองให้เข้าใจเสียก่อน และต้องระลึกเสมอว่าหุ่นจำลองชุดนี้เป็นเพียงอุปกรณ์ที่ช่วยในการถ่ายทอดอย่างหนึ่ง เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นจำลองชุดนี้มีได้เป็นตัวแทนครูแต่เป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม หรือทำให้เรื่องที่มีความยุ่งยากซับซ้อนให้เป็นเรื่องที่ย่างขึ้นต่อ การจดจำของผู้เรียน นอก

จากนี้การใช้หุ่นจำลองให้บรรลุวัตถุประสงค์นั้น ก็ควรใช้ร่วมกับการสอนอย่างอื่นๆ เช่น การสอบแบบบรรยาย การสอนแบบค้นคว้าทดลอง เป็นต้นจึงจะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนการสอนมากยิ่งขึ้น จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับโสตทัศนศึกษาพบว่า โสตทัศนศึกษามีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาประสิทธิภาพของการเรียนการสอน ผู้จัดทำจึงคาดหวังว่าหุ่นจำลองชุดนี้จะเกิดประโยชน์และเกิดผลดีต่อการเรียนการสอนพอสมควร นอกจากนี้แล้วการจัดทำหุ่นจำลองชุดนี้ยังเกิดประโยชน์ต่อตัวผู้จัดทำปัญหาพิเศษอย่างยิ่ง คือ ได้รับประสบการณ์ตรงจากการจัดทำหุ่นจำลอง จากประสบการณ์เหล่านี้มีคุณค่าอย่างยิ่งต่อการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการศึกษาคราวต่อไป

4.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ในการจัดทำอุปกรณ์ประกอบการสอนเรื่อง หุ่นจำลองลักษณะภายในของลำต้นพืช ผู้จัดทำได้พบอุปสรรคและปัญหาซึ่งอาจเนื่องมาจากเป็นครั้งแรกในการจัดทำก็ได้ จึงใคร่ขอแนะนำอุปสรรคที่เกิดขึ้นเพื่อจะได้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาสำหรับผู้ที่จะทำหุ่นจำลอง มีดังนี้

1. ปัญหาในการจัดทำหุ่นจำลอง ผู้จัดทำไม่เคยมีประสบการณ์ ในบางส่วนจึงต้องลองผิดลองถูก ทำให้เสียเวลาสิ้นเปลืองเงินทุน
2. ปัญหาด้านการผสมสี เนื่องจากสีที่นำมาใช้เป็นสีน้ำพลาสติก และเป็นแม่สีซึ่งผู้จัดทำต้องผสมสีเอง บางครั้งผสมสีได้ไม่ตรงตามแบบที่ต้องการ
3. ปัญหาในด้านเวลาในการทำหุ่นจำลอง เนื่องจากการสร้างหุ่นจำลองชุดนี้ต้องใช้เวลาในการจัดทำค่อนข้างมาก ดังนั้นผู้จัดทำควรวางแผนการใช้เวลาอย่างรัดกุมเพื่อลดปัญหาและทำให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. ผู้ที่จะทำปัญหาพิเศษเกี่ยวกับอุปกรณ์การเรียนการสอน โดยเฉพาะการทำหุ่นจำลองจะต้องศึกษาเรื่องที่จะทำให้ละเอียด ต้องเป็นผู้ที่มีความตั้งใจจริง มีความปราณีตละเอียดอ่อน มีความมานะอดทนในการทำและปฏิบัติงานพอสมควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ในการดำเนินการสร้างหุ่นจำลอง ควรศึกษาเกี่ยวกับการผสมสี หรือ ไปปรึกษาผู้ที่มีความรู้ในเรื่องนี้ เพื่อป้องกันการผิดพลาดและจะได้ไม่เสียเวลาและสิ้นเปลือง
3. ในการจัดทำหุ่นจำลอง ผู้จัดทำควรรีบดำเนินการตั้งแต่แรก และควรจัดทำให้ใกล้ที่พัก เพื่อที่จะได้มีเวลาในการจัดทำมากขึ้น
4. ควรนำหุ่นจำลองชุดนี้ไปทดลองใช้เป็นอุปกรณ์ประกอบการสอน และศึกษาเปรียบเทียบหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับกลุ่มที่ไม่ได้ใช้หุ่นจำลองประกอบการสอน



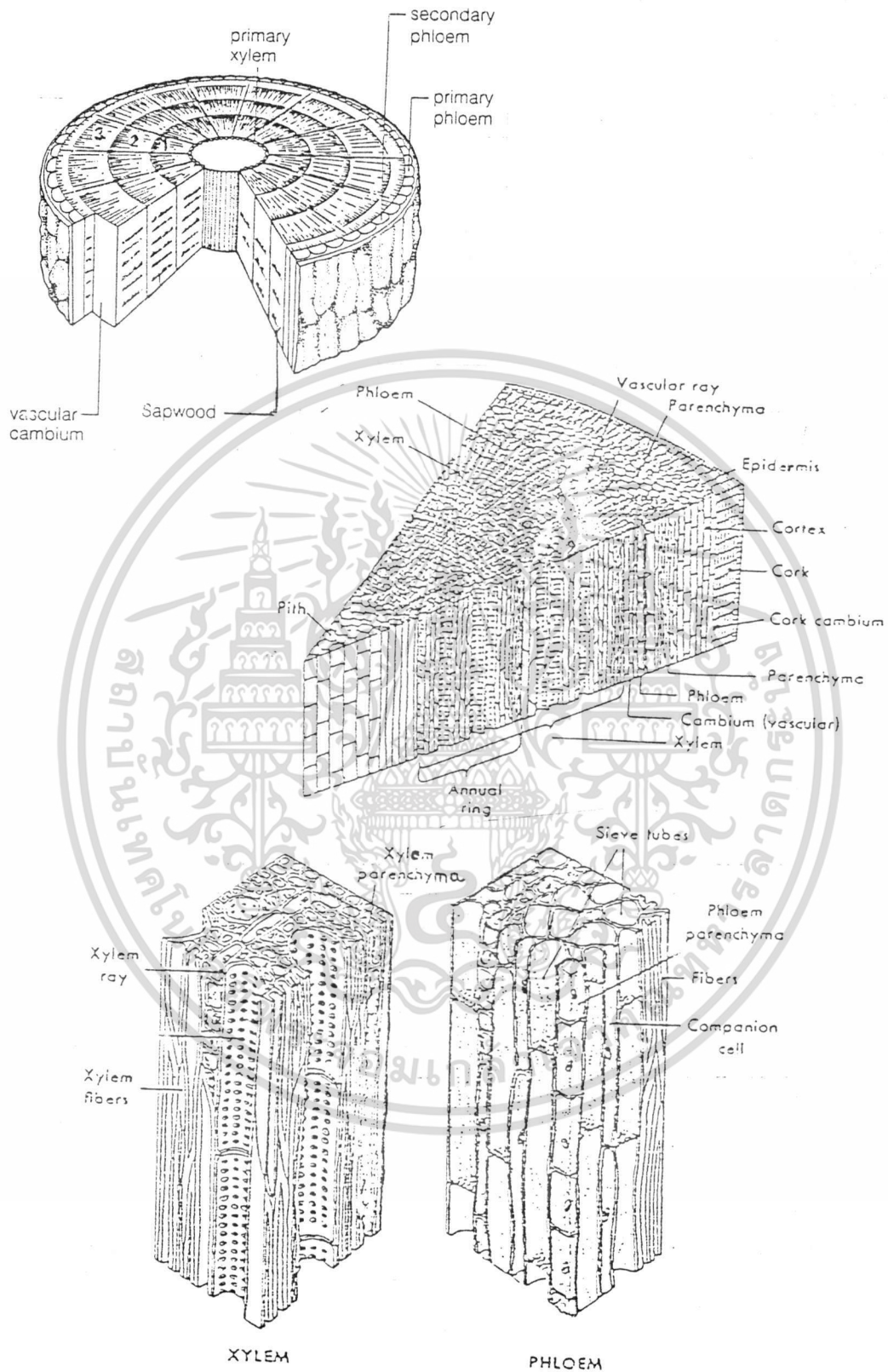
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กาญจนา สาลีดีตต์ พฤกษศาสตร์ทั่วไป กรุงเทพมหานคร : โอ เอส พรีนติ้งเฮาส์ , 2532
- จิรพันธ์ สมประสงค์ การสร้างสรรค์ภูมิกรรมจากปูนปลาสเตอร์ กรุงเทพมหานคร :
โอเดียนสโตร์ , 2533
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ หลักการทฤษฎีเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางการศึกษา
กรุงเทพมหานคร : เรือนแก้วการพิมพ์ , 2526
- นันทนา อิ่มสะอาด การซ่อมเสริมโดยใช้ของจริงประกอบการสอนเรื่อง การหายใจของพืช
วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 2524
- นิพนธ์ ศุภปรีดี โสตทัศนศึกษา กรุงเทพมหานคร : แพร่วิทยา , 2528
- วันเพ็ญ ภูมิจันทร์ พฤกษศาสตร์ กรุงเทพมหานคร : โอ เอส พรีนติ้งเฮาส์ , 2534
- วรุพห์ ลีลาพฤษ์ เทคโนโลยีการศึกษาวัสดุสื่อการเรียนการสอน กรุงเทพมหานคร :
วัฒนาพานิช , 2530
- ภูวดล บุตรรัตน์ โครงสร้างภายในของพืช กรุงเทพมหานคร : ไทยวัฒนาพานิช จำกัด , 2538
- มาลินี จุฑะรพ จิตวิทยาการเรียนการสอน กรุงเทพมหานคร : ทิพบวิสุทธิ , 2537
- รมณีย์ อภาภิรม คู่มือการเรียนปัญหาพิเศษ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2523
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์ พฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : สหมิตรออฟเซต , 2537
- สมเชาว์ เนตรประเสริฐ สื่อการสอน กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2526
- สุโขทัยธรรมมาธิราช , มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีและการสื่อสารการศึกษา กรุงเทพมหานคร :
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช , 2523
- โอวาท พูลศิริ โสตทัศนศึกษา กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2525



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1 ภาพแบบแสดงลักษณะภายในของลำต้นพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 ภาพแสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำหุ่นจำลอง



ภาพที่ 3 ภาพปูนปลาสเตอร์ที่ใช้ในการทำหุ่นจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 แสดงสีน้ำพลาสติกและสีเคลือบเงา



ภาพที่ 5 แสดงแม่พิมพ์ดินเหนียวที่ปั้นเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 แสดงการผสมปูนปลาสเตอร์



ภาพที่ 7 แสดงการหล่อปูนปลาสเตอร์ลงพิมพ์ดินเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 แสดงแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่หล่อเสร็จแล้ว



ภาพที่ 9 แสดงการทาสีที่ชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 10 แสดงการพ่นสีสเปรย์ที่ชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้