คู่มือประกอบสื่อการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

วิชาชีววิทยา

เรื่อง

อาณาจักรฟังไจ

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตรตรา เพียภูเขียว

พุทธศักราช 2554

กองบรรณาธิการ	รองศาสตราจารย์นันทนา อังกินันทน์ รองศาสตราจารย์สุมิตรา คงชื่นสิน ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชรา ลิมปนะเวช ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต่อศักดิ์ สีลานันท์ นางปริญญนุช กลิ่นรัตน์ นางฐปนา บางยี่ขัน
สถานที่ให้ความอนุเคราะห์ภาพ/ข้อมูล	ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สถานีพัฒนาและส่งเสริมการอนุรักษ์สัตว์ป่าเขาน้ำพุ จ.กาญจนบุรี ห้างหุ้นส่วนจำกัด สิงห์บิน มินิฟาร์มเห็ด
ผู้ให้ความอนุเคราะห์ภาพ/ข้อมูล	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอก แสงวิเชียร อาจารย์ ดร.เชิดชัย โพธิ์ศรี

คำชี้แจง

สื่อ ประกอบการสอนวิชาชีววิทยา เรื่อง อาณาจักรฟังไจ เป็นตอนหนึ่งของสื่อประกอบการสอน เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งมีทั้งหมด 9 ตอน ได้แก่

1. ความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพ
2. หลักการเบื้องต้นทางอนุกรมวิธาน
3. แบบทดสอบด้านการจำแนกและการระบุสิ่งมีชีวิต
4. อาณาจักรมอเนอรา
5. อาณาจักรโพรติสตา
6. อาณาจักรฟังไจ
7. อาณาจักรพืช
8. ความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง
9. ความหลากหลายของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

คู่มือประกอบสื่อการสอน เรื่อง อาณาจักรฟังไจนี้ จัดทำขึ้นเพื่อช่วยให้ผู้สอนเข้าใจจุดประสงค์และขอบเขตของเนื้อหาของสื่อประกอบการสอนที่ผลิตขึ้น อีกทั้งเป็นแนวทางให้ผู้สอนนำสื่อประกอบการสอนไปใช้ได้อย่างเหมาะสม รวมถึงช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจและกระตุ้นความสนใจเนื้อหาของบทเรียน นอกจากนี้ ยังสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับศัพท์ทางวิชาการที่ควรทราบ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้ที่ได้รับโดยการอภิปรายร่วมกัน ซึ่งหากบรรลุวัตถุประสงค์ที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว จะทำให้การจัดการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตรตรา เพียภูเขียว ผู้จัดทำคู่มือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชรา ลิมปนะเวช ผู้ตรวจคู่มือ

สารบัญ

	หน้า
จุดประสงค์	5
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	5
เนื้อหา	6
แนวทางในการจัดการเรียนรู้	17
ภาคผนวก	21
ก. คำอธิบายศัพท์	
ข. แหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม	
รายชื่อสื่อการสอนวิชาชีววิทยาจำนวนทั้งหมดจำนวน 92 ตอน	24

จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ

1. บอกลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจได้
2. บอกการดำรงชีวิตของฟังไจได้
3. บอกความแตกต่างของฟังไจในแต่ละกลุ่มได้
4. บอกความสำคัญของฟังไจที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

เมื่อผู้เรียนได้ดูสื่อประกอบการสอนตอนนี้แล้วสามารถ

1. บอกลักษณะร่วมที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจได้
2. อธิบายรูปแบบการดำรงชีวิตของฟังไจ และบอกความแตกต่างจากสิ่งมีชีวิตอื่นได้
3. อธิบายวิธีการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจและบอกความแตกต่างของแต่ละไฟลัมได้
4. อธิบายการสืบพันธุ์ที่พบได้ในสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจ
5. บอกบทบาทสำคัญของฟังไจในระบบนิเวศได้
6. บอกถึงประโยชน์และโทษของฟังไจ

เนื้อหา

ลักษณะทั่วไปของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจ

สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจหรืออาณาจักรราเป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มยูแคริโอต (eukaryote) คือ เซลล์มีเยื่อหุ้มนิวเคลียสเหมือนพืชและสัตว์ แต่จะแตกต่างจากสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรียและอาร์เคียแบคทีเรียที่เป็นโพรแคริโอต (prokaryote) เซลล์ของรามีผนังเซลล์คล้ายเซลล์พืชแต่มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นไคติน ราส่วนใหญ่เป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์แต่ยังไม่พัฒนาเป็นเนื้อเยื่อ และราบางกลุ่ม เช่น ยีสต์มีลักษณะเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว นอกจากนี้ราส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นเส้นใยขนาดเล็ก เรียกว่า ไฮฟา (hypha) หรือไฮฟี (hyphae) เส้นใยหรือไฮฟาจะยึดเกาะกับอินทรียวัตถุที่ใช้เป็นอาหารและเจริญเติบโตแผ่ออกไปเป็นบริเวณกว้าง เรียกกลุ่มของไฮฟานี้ว่า ไมซีเลียม (mycelium) ลักษณะของเส้นใยราหรือไฮฟาแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เส้นใยที่มีผนังกั้นหรือ septate hypha และเส้นใยที่ไม่มีผนังกั้น หรือ coenocytic hypha ดังรูปที่ 1

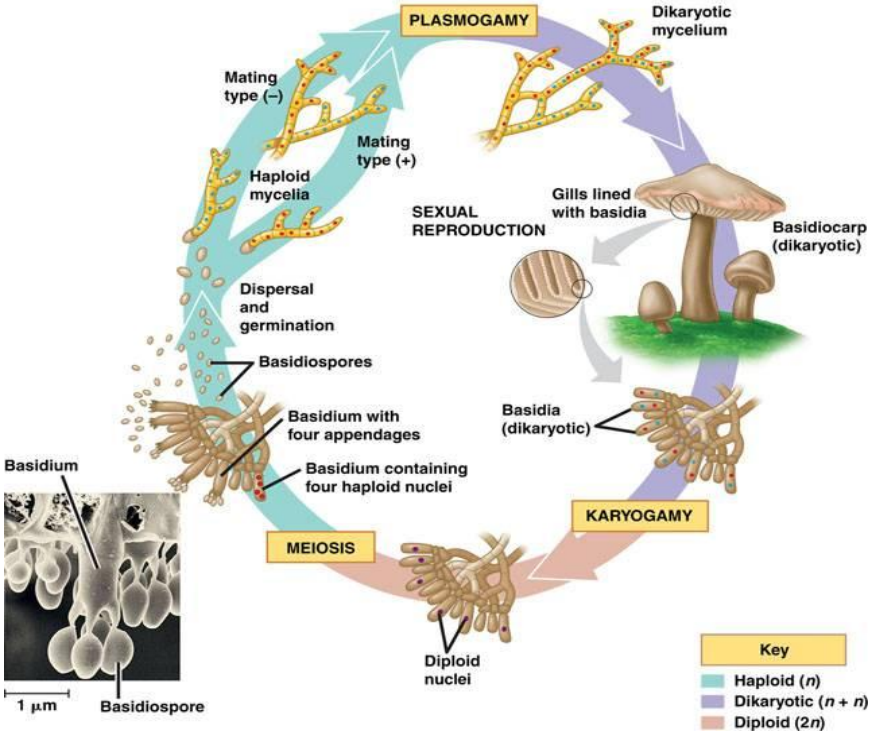
ก ข

รูปที่ 1 (ก) ลักษณะเส้นใยที่มีผนังกั้นหรือ septate hypha (→)
(ข) เส้นใยที่ไม่มีผนังกั้น หรือ coenocytic hypha

การสืบพันธุ์ของรา

การสืบพันธุ์ของรามีทั้งการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและอาศัยเพศ โดยการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศจะไม่มีการรวมกันของนิวเคลียสหรือเซลล์สืบพันธุ์ (gametes) เช่น การหักของไมซีเลียม การแตกหน่อ หรือการสร้างสปอร์ที่เกิดจากการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส (mitosis) เรียกว่า ไมโทสปอร์ (mitospores) การสร้างสปอร์ลักษณะเช่นนี้ สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ sporangiospores และ conidia

ในขณะที่การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจะเกิดจากการรวมตัวกันของนิวเคลียสที่มีพันธุกรรมแตกต่างกัน 2 นิวเคลียส (karyogamy) จากนั้น จึงเกิดการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซีส (meiosis) ดังรูปที่ 2 ในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของราบางกลุ่ม เส้นใยหรือไฮฟาที่มีพันธุกรรมแตกต่างกันสองสายมารวมตัวกัน และสานพันกันขึ้นมาเป็นโครงสร้างที่มีขนาดใหญ่เรียกว่า ฟรุตติงบอดี (fruiting body) เพื่อทำหน้าที่สร้างสปอร์ที่เกิดจากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (sexual spore) รูปแบบหนึ่งของฟรุตติงบอดีที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน คือ ดอกเห็ดชนิดต่างๆ ซึ่งอาจมีรูปร่างและสีสันที่หลากหลาย และมักจะโผล่พ้นจากพื้นดิน จึงสามารถมองเห็นได้ง่ายด้วยตาเปล่า



รูปที่ 2 ตัวอย่างการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และการสร้างฟรุตติงบอดีของราในไฟลัม Basidiomycota

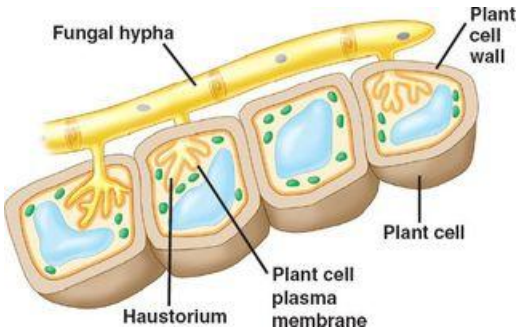
ที่มา : http://www.griswold.k12.ia.us/pcarlsonweb/fungi_kingdom.htm

รูปแบบการดำรงชีวิตของรา

ราและสัตว์เป็นสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองไม่ได้ เนื่องจากไม่มีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเหมือนพืช แต่การได้มาของอาหารระหว่างราและสัตว์นั้นมีความแตกต่างกัน โดยสัตว์จะกินสิ่งมีชีวิตอื่นเข้าไปและมีกลไกของระบบย่อยอาหารที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย ส่วนรามีรูปแบบในการดำรงชีวิต 3 ลักษณะ ดังนี้

1. <u>เป็นผู้ย่อยสลาย</u> (saprophytes) ราจะได้รับสารอาหารโดยการสร้างเอนไซม์แล้วปล่อยออกสู่ภายนอกเซลล์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เป็นซากสิ่งมีชีวิตและดูดซึมสารอาหารที่ย่อยแล้วกลับเข้าสู่ภายในเซลล์ เนื่องจากราส่วนใหญ่มีการดำรงชีวิตในรูปแบบนี้ ดังนั้น ราจึงทำหน้าที่เป็นผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์ที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการย่อยสลายสารลิกนินและเซลลูโลสซึ่งเป็นชีวมวลที่มีปริมาณมากที่สุด ส่งผลให้เกิดการหมุนเวียนของธาตุอาหารต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซึ่งจะสร้างความสมดุลให้กับระบบนิเวศ

2. <u>เป็นปรสิต (parasite) ของสิ่งมีชีวิตอื่น</u> ในการดำรงชีวิตแบบนี้เส้นใยราจะเปลี่ยนเป็นโครงสร้างพิเศษเรียกว่า haustorium (รูปที่ 3) ยื่นเข้าไปภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตที่รานั้นเกาะยึดอยู่ เพื่อดูดซับสารอาหาร ตัวอย่างราที่ดำรงชีวิตเช่นนี้ ได้แก่ ราที่ก่อโรคในใบพืช หรือราที่ขึ้นบนแมลง เป็นต้น

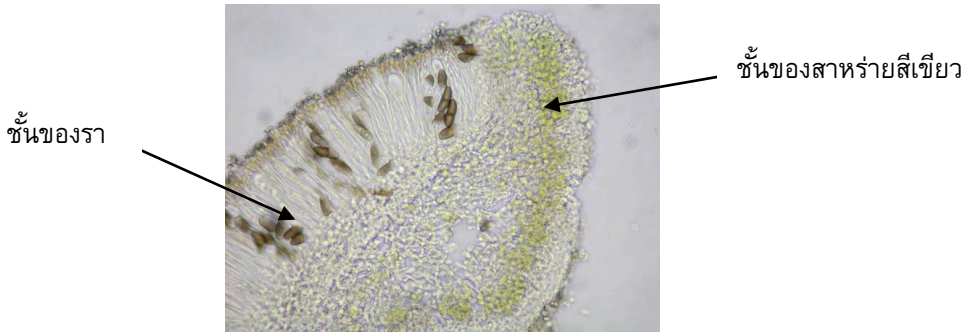


รูปที่ 3 ลักษณะของ haustorium
ที่มา : http://science.kennesaw.edu/~jdirnber/Bio2108/Lecture/LecBiodiversity/BioDivFungi.html

3. <u>แบบภาวะพึ่งพา</u> (symbiosis) กับสิ่งมีชีวิตอื่น เช่น การอยู่ร่วมกันของรากับรากพืชชั้นสูง เรียกว่าไมคอร์ไรซา (mycorrhiza) ซึ่งพืชจะได้รับน้ำและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตจากรา ส่วนราเองจะได้รับสารอาหาร จำพวกแป้ง น้ำตาล โปรตีน กรดอะมิโนและวิตามินจากพืชผ่านมาทางระบบราก ดังรูปที่ 4 ทำให้พืชที่มีความสัมพันธ์ดังกล่าวมีการเจริญเติบโตดี อีกทั้งทนต่อสภาวะเครียดต่างๆ เช่น ทนแล้ง ทนเค็ม ทนความเป็นพิษของโลหะหนักที่เจือปนในดิน เป็นต้น

รูปที่ 4 ลักษณะของรากพืชที่เกิดความสัมพันธ์แบบไมคอร์ไรซา

นอกจากนี้ การอยู่ร่วมกันระหว่างรากับสาหร่ายสีเขียวหรือไซยาโนแบคทีเรีย ยังทำให้เกิดรูปแบบของชีวิตที่เรียกว่า ไลเคน (lichen) โดยสาหร่ายจะได้รับความชื้นหรือสารอาหารจากรา ส่วนราก็จะได้อาหารที่สาหร่ายสร้างขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยสาหร่ายอาจเรียงตัวกันเป็นระเบียบ หรืออยู่กันอย่างกระจัดกระจาย และมีไมซีเลียมของราหุ้มไว้ (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 ลักษณะของการเรียงตัวของราและสาหร่ายในไลเคน

ไลเคนพบได้ทั้งบนก้อนหิน บนเปลือกไม้หรือกิ่งไม้ และสามารถจำแนกไลเคนตามลักษณะการเจริญเติบโต รูปแบบของแทลลัส (thallus) และการยึดเกาะกับพื้นผิว (substratum) ออกได้เป็น 3 ประเภท ตามรูปที่ 6 ได้แก่

1. Crustose เป็นไลเคนที่มีลักษณะของแทลลัสบางและแนบสนิทไปกับพื้นผิวที่ยึดเกาะ
2. Foliose เป็นไลเคนที่มีแทลลัสมีลักษณะคล้ายแผ่นใบ ไม่แนบสนิทไปกับพื้นผิวที่ยึดเกาะ
3. Fruticose เป็นไลเคนที่แทลลัสมีลักษณะเป็นฝอยและมีการแตกแขนง

ก ข ค

รูปที่ 6 ลักษณะของไลเคนชนิดต่าง ๆ (ก) Crustose (ข) Foliose (ค) Fruticose

วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจ

จากหลักฐานทางชีวโมเลกุล พิสูจน์ให้เห็นว่าอาณาจักรฟังไจมีวิวัฒนาการใกล้ชิดกับอาณาจักรสัตว์มากกว่าอาณาจักรพืช และมีบรรพบุรุษร่วมกับสิ่งมีชีวิตจำพวกโพรติสต์(protists) ดังภาพที่ 7

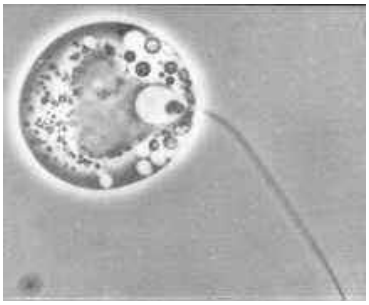
การจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจ

สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจสามารถจัดจำแนกออกเป็น 4 ไฟลัม (Phylum) โดยอาศัยลักษณะสปอร์ที่เกิดจากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและจากการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ ดังนี้

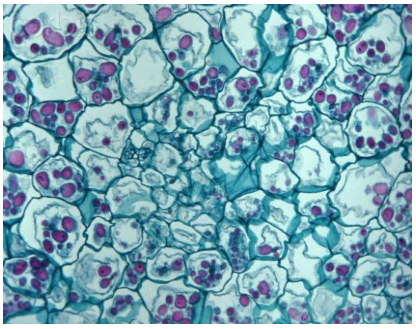
1. ไฟลัมไคตริดดิโอไมโคตา (Phylum Chytridiomycota)
2. ไฟลัมไซโกไมโคตา (Phylum Zygomycota)
3. ไฟลัมแอสโคไมโคตา (Phylum Ascomycota)
4. ไฟลัมเบสิดิโอไมโคตา (Phylum Basidiomycota)

ไฟลัมไคตริดดิโอไมโคตา (Phylum Chytridiomycota)

ราในไฟลัมนี้ เรียกอีกชื่อว่า ไคตริด อาจมีลักษณะเป็นเซลล์เดียวรูปร่างกลม หรือเป็นกลุ่มเส้นใยที่ไม่มีผนังกั้นเซลล์ ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ ไคตริดจะสร้างสปอร์แบบไม่อาศัยเพศเรียกว่า zoospore ซึ่งเป็นสปอร์ที่มีหางหรือแฟลเจลลัม (flagellum) 1 เส้นที่ด้านหลังเพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 7 และสร้างสปอร์แบบอาศัยเพศ เรียกว่า resting spore (รูปที่ 8) ราในไฟลัมนี้เป็นปรสิตของโพรติสต์ พืชและสัตว์น้ำ โดยเฉพาะสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก



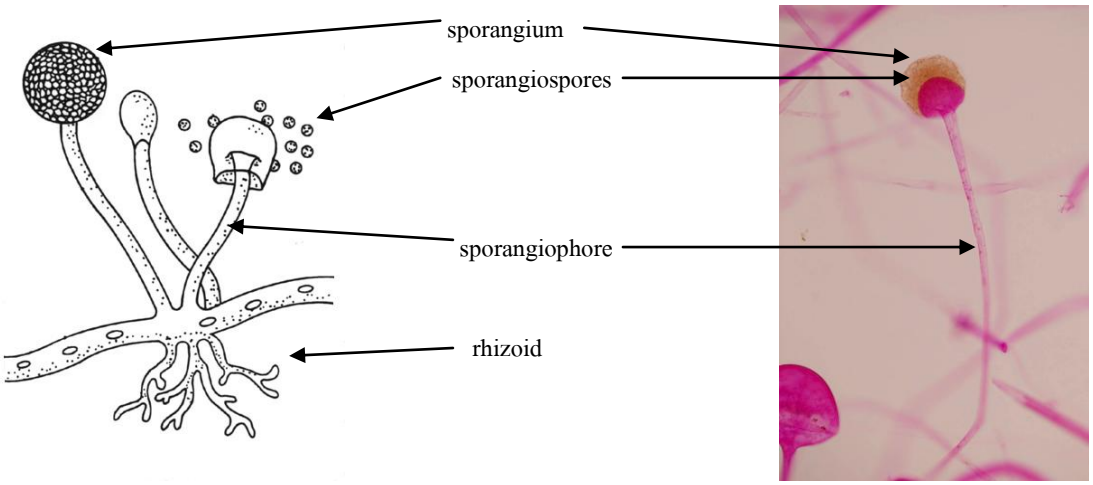
รูปที่ 7 ลักษณะของ zoospore
ที่มา : http://www.mycolog.com/chapter2b.htm



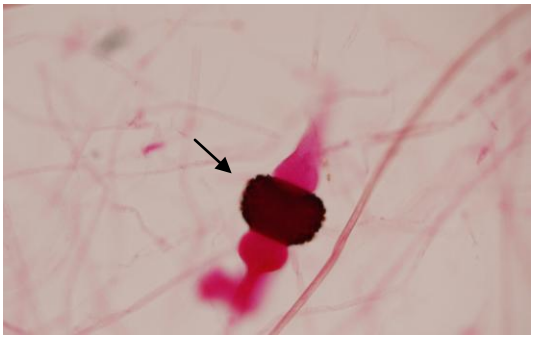
รูปที่ 8 ลักษณะของ resting spores (จุดสีแดง) ในเซลล์ของพืชอาศัย

ไฟลัมไซโกไมโคตา (Phylum Zygomycota)

ราส่วนใหญ่ในไฟลัมนี้มักอาศัยบนพื้นดินหรือบนอินทรียวัตถุที่กำลังย่อยสลาย เช่น ราดำบนขนมปัง ไฮฟาของราในไฟลัมนี้ไม่มีผนังกั้นเซลล์ อาจมีโครงสร้างที่ยึดเกาะกับแหล่งอาหารเรียกว่าไรซอยด์ (rhizoid) และสร้างสปอร์แบบไม่อาศัยเพศเรียกว่าสปอแรงจิโอสปอร์ (sporangiospore) ที่อยู่ในอับสปอร์หรือ (sporangium) ซึ่งเกิดอยู่ที่ปลายไฮฟา (รูปที่ 9) ส่วนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจะสร้างสปอร์ที่เรียกว่า ไซโกสปอร์ (zygospore) (รูปที่ 10) ซึ่งเป็นสปอร์ที่มีผนังหนาและมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม



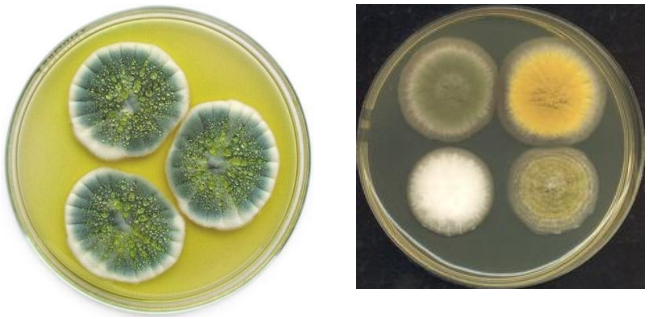
รูปที่ 9 การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการสร้างสปอแรงจิโอสปอร์ (sporangiospore) ภายในอับสปอร์ (sporangium)



รูปที่ 10 การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยการสร้างไซโกสปอร์ (zygospore)

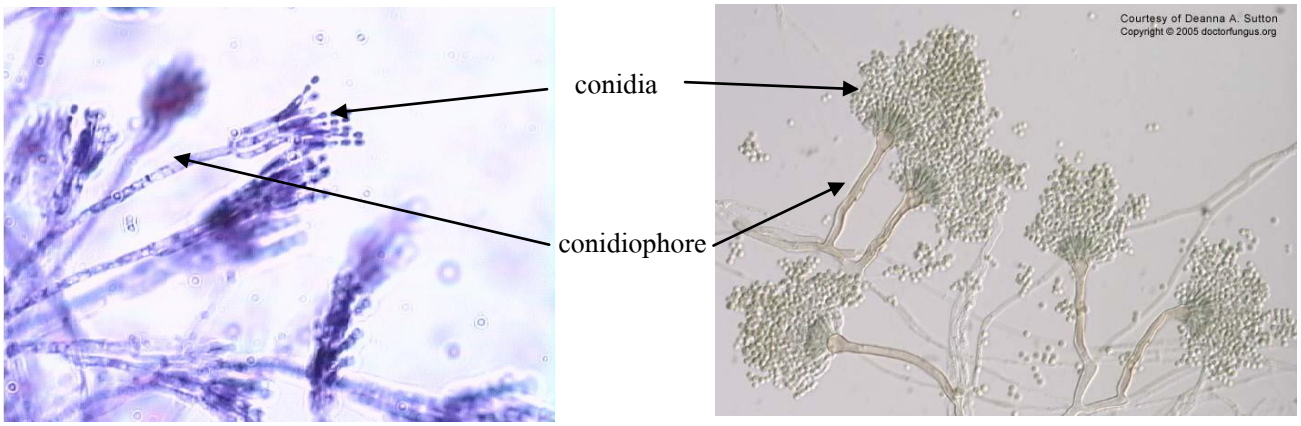
ไฟลัมแอสโคไมโคตา (Phylum Ascomycota)

เป็นไฟลัมที่มีจำนวนสมาชิกมากที่สุด ซึ่งมีทั้งที่มีลักษณะเป็นเซลล์เดียว เช่น ยีสต์ชนิดต่างๆ และที่มีหลายเซลล์เป็นกลุ่มเส้นใยหรือไมซีเลียม ลักษณะเส้นใยมีผนังกั้นเซลล์ ตัวอย่างเช่น ราในสกุล *Aspergillus* และสกุล *Penicillium* (รูปที่ 11) เป็นต้น ราในไฟลัมนี้การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการสร้างสปอร์เรียกว่า โคนิเดีย (conidia) บนก้านชู (conidiophore) ดังรูปที่ 12 ส่วนยีสต์นั้นจะสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแตกหน่อ สำหรับการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของราในไฟลัมนี้จะสร้างสปอร์ที่เรียกว่า แอสโคสปอร์ (ascospore) ภายในโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นถุงเรียกว่าแอสคัส (ascus) ดังรูปที่ 13 แอสคัสส่วนใหญ่มักจะถูกห่อหุ้มด้วยโครงสร้างที่เรียกว่า fruiting body หรือแอสโคคาร์ป (ascocarp) ซึ่งมีรูปร่างที่หลากหลายแตกต่างกัน (รูปที่ 14) โดยราบางชนิดอาจสร้าง ascocarp ฝังอยู่ในเนื้อเยื่อพิเศษ (รูปที่ 15)



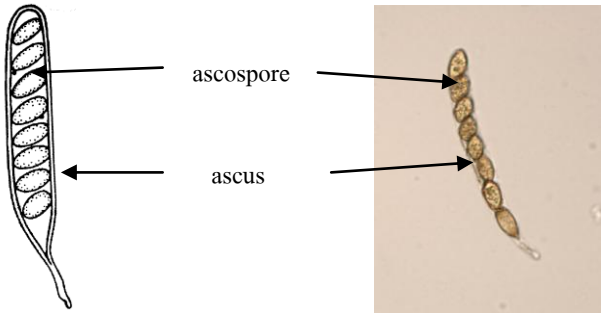
ก ข

รูปที่ 11 (ก) ลักษณะโคโลนีของรา *Penicillum* sp. และ (ข) *Aspergillus* sp. (ขวา)
ที่มา : http://en.wikipedia.org/wiki/Aspergillus
http://samuelperez70.blogspot.com/2011_04_01_archive.html

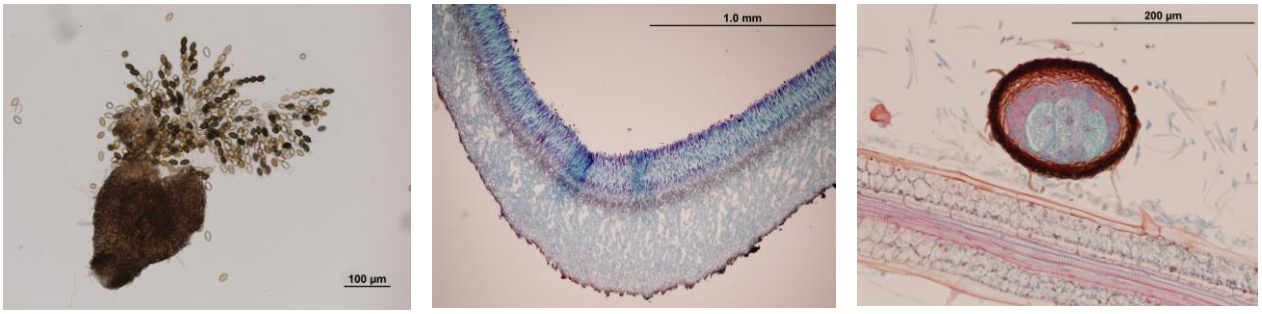


ก ข

รูปที่ 12 (ก) conidia และ conidiophore ของรา *Penicillum* sp. และ (ข) *Aspergillus* sp.
ที่มา: http://faculty.clintoncc.suny.edu/faculty/michael.gregory/
files/bio%20102/bio%20102%20lectures/ fungi/fungi.htm

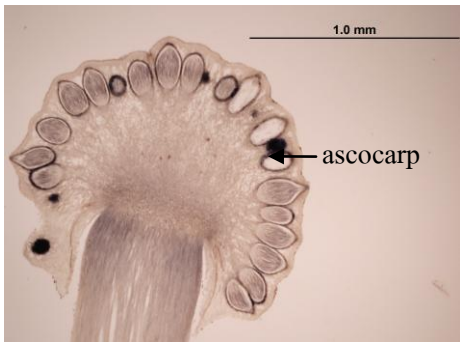


รูปที่ 13 ascospores ใน ascus



ก ข ค

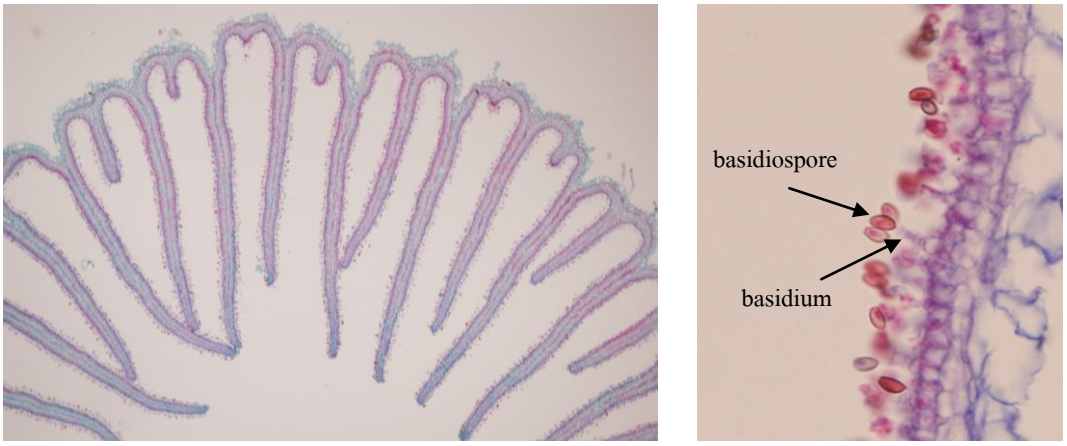
รูปที่ 14 ลักษณะของ ascocarp แบบต่าง ๆ



รูปที่ 15 ลักษณะของ ascocarp ที่ฝังในเนื้อเยื่อพิเศษ

ไฟลัมเบสิดิโอไมโคตา (Phylum Basidiomycota)

ราในไฟลัมนี้เป็นกลุ่มเห็ดราที่มักสร้างฟรุตติงบอดีขนาดใหญ่ที่มีรูปร่างและสีสันค่อนข้างหลากหลาย ได้แก่ เห็ดชนิดต่างๆ ทั้งที่สามารถรับประทานได้และที่เป็นพิษ แต่ก็มีราบางชนิดในไฟลัมนี้ที่ไม่สร้างฟรุตติงบอดี และเป็นปรสิต -v'พืช เช่น ราสนิมและราเขม่าดำ ลักษณะที่สำคัญของเห็ดราใน Phylum Basidiomycota คือมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยการสร้างสปอร์ เรียกว่า เบสิดิโอสปอร์ (basidiospore) บนโครงสร้างที่เรียกว่า เบสิเดียม (basidium) ที่อยู่ในส่วนของไฮเมโนฟอร์(hymenophore) ที่มีลักษณะเป็นครีบ ดังรูปที่ 16 หรือ เป็นรู

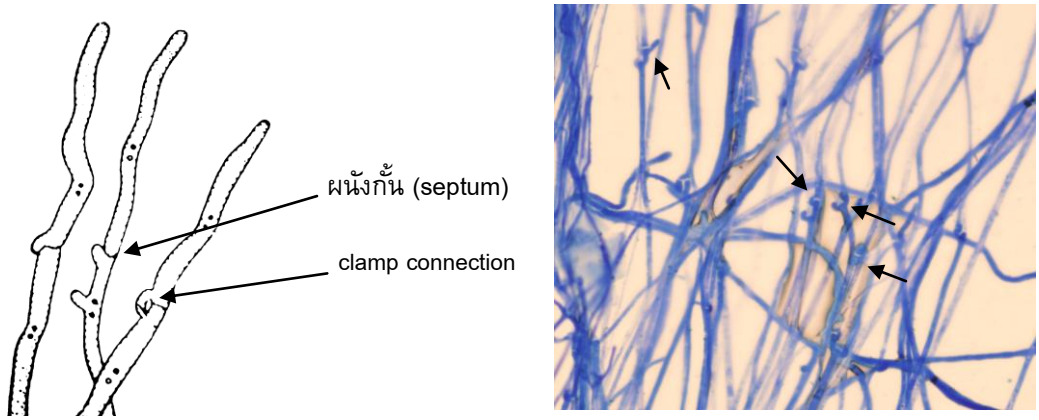


ก ข

รูปที่ 16 (ก) ครีบเห็ดหรือไฮเมโนฟอร์ตัดตามแนวขวาง และ (ข) เบสิดิโอสปอร์

อธิบายเพิ่มเติม

ราใน Phylum Basidiomycota หลายชนิด มีลักษณะสำคัญคือ มีการสร้าง clamp connection บริเวณผนังกั้นของไฮฟา ดังรูปที่ 17 ดังนั้นในบางครั้งอาจเห็นเส้นใยบริเวณผนังกั้นมีลักษณะโป่งออก



ภาพที่ 18 เส้นใยที่มี clamp connection (ลูกศร)

กิจกรรมเสริม

ครูทำรอยพิมพ์สปอร์ของเห็ดให้นักเรียนดู โดยการนำกระดาษที่มีสีขาวด้านหนึ่งและสีดำด้านหนึ่ง จากนั้นนำหมวกเห็ดที่หาได้ง่ายและบานเต็มที่ เช่น เห็ดนางฟ้า เห็ดฟาง เป็นต้น วางคว่ำเอาด้านครีบลงบนกระดาษให้หมวกเห็ดทับทั้งด้านสีดำและขาว แล้วนำภาชนะ เช่น ถ้วย มาปิดไว้อีกชั้นหนึ่ง ทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน จากนั้นให้นำหมวกเห็ดออก แล้วสังเกตบนกระดาษ จะพบว่ามีผงสปอร์ของเห็ดเกิดขึ้นตามลักษณะของ hymenophore อยู่บนกระดาษ ผงสปอร์ที่เกิดขึ้นคือ เบสิดิโอสปอร์ ให้สังเกตสีของสปอร์ (โดยเห็ดแต่ละชนิด

จะมีสีสปอร์แตกต่างกัน เช่น เห็ดฟางจะมีสปอร์สีชมพู เห็ดนางฟ้าจะมีสปอร์สีขาว เป็นต้น) นอกจากนี้ครูอาจเขี่ยผงสปอร์จากกระดาษไปส่องดูลักษณะเบสิดิโอสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศ์ได้

ประโยชน์ของรา

เห็ดราหลายชนิดสร้างฟรุตติงบอดีขนาดใหญ่สามารถนำมารับประทานได้ เช่น เห็ดระโงก เห็ดถ่าน เห็ดเผาะ เป็นต้น ซึ่งนับว่าเป็นแหล่งโปรตีนที่ดีแหล่งหนึ่ง เห็ดบางชนิดสามารถเพาะเลี้ยงในเชิงการค้าได้ เช่น เห็ดนางฟ้า เห็ดหอม เห็ดฟาง เห็ดเข็มทอง เป็นต้น สร้างรายได้แก่ผู้เพาะเลี้ยงจำนวนมาก

ในทางอุตสาหกรรมอาหารมีการนำราหลายชนิดมาใช้ในการผลิตอาหาร เช่น การใช้ยีสต์ในการทำขนมปัง รวมถึงขนมไทยบางชนิด นอกจากนี้เครื่องดื่มแอลกอฮอล์เช่น ไวน์ เบียร์และเหล้า ล้วนแต่ได้มาจากกระบวนการหมักของยีสต์ เต้าเจี้ยวและซีอิ้วได้จากการหมักถั่วเหลืองด้วยเชื้อรา *Aspergillus oryzae* นอกจากนี้ ในการทำเนยแข็งหรือ cheese บางชนิดนิยมบ่มด้วยรา *Penicellium camemberti* หรือ *Penicellium roqueforti* และในการทำข้าวหมากจะใช้ราในสกุล *Mucor, Rhizopus* และยีสต์

เห็ดบางชนิดมีฤทธิ์หรือสรรพคุณทางยา เช่น เห็ดหลินจือ(*Ganoderma lucidum*) ซึ่งมีสารที่ช่วยยับยั้งการเจริญของมะเร็ง กระตุ้นการทำงานของเม็ดเลือดขาว และช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด และเห็ดหัวลิง (*Hericium erinaceu*m) ที่มีสรรพคุณช่วยบำรุงม้าม กระเพาะอาหาร และช่วยยับยั้งเซลล์มะเร็ง ราบางชนิดสามารถสร้างสารปฏิชีวนะซึ่งมีประโยชน์ทางการแพทย์ เช่น รา *Penicillium chrysogenum* ผลิตสารเพนนิซิลลินที่ใช้เป็นยาปฏิชีวนะรักษาอาการที่เกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรีย

โทษของรา

เนื่องจากราส่วนใหญ่ดำรงชีวิตเป็นผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์ จึงสามารถก่อให้เกิดผลเสียหรือความเสียหายต่าง ๆ กับมนุษย์ได้ เช่น การเน่าเสียของอาหาร ผักและผลไม้ ผนังอาคาร บ้านเรือน อุปกรณ์และเครื่องใช้ต่าง ๆ ที่ทำจากไม้ กระดาษ หนังสัตว์ ยางและผ้า เป็นต้น

ราบางชนิดเป็นปรสิตที่ก่อให้เกิดโรคต่างๆ ในพืชเศรษฐกิจ และทำให้เกิดความเสียหายทางการเกษตร เช่น โรคราสนิม โรคใบจุดและโรคใบไหม้ นอกจากนี้รายังมีผลต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ โดยสามารถทำให้เกิดโรคที่ผิวหนัง เช่น กลาก เกลื้อน ฮ่องกงฟุต รวมไปถึงเกิดการติดเชื้อในร่างกายได้หลายระบบได้แก่ หู ตา จมูก ไซนัส ปอด และสามารถลุกลามไปยังกระดูก สมอง เยื่อหุ้มสมอง

เห็ดราบางกลุ่มสร้างสารพิษที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ที่บริโภคอาหารที่มีราเหล่านี้ปนเปื้อน เช่น ราในสกุล *Aspergillus* หลายชนิดที่พบในเมล็ดถั่วและธัญพืช และอาหารแห้งต่างๆ ซึ่งจะสร้างสารพิษอะฟลา -ทอกซิน(aflatoxin) ที่เป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดมะเร็งตับ เห็ดบางชนิดมีสารที่ออกฤทธิ์กล่อมประสาทและจัดเป็นสารเสพติด เช่น กลุ่มเห็ดขี้ควาย หรือเห็ดบางชนิดมีพิษเมื่อรับประทานเข้าไปแล้วอาจถึงแก่ชีวิตได้

แนวทางในการจัดการเรียนรู้

สื่อประกอบการสอนเรื่อง อาณาจักรฟังไจ เป็นสื่อที่ให้ความรู้เกี่ยวกับลักษณะทั่วไปของสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจหรืออาณาจักรรา การสืบพันธุ์ รูปแบบการดำรงชีวิตในระบบนิเวศ การจัดจำแนกและลักษณะสำคัญของราในไฟลัมต่าง ๆ รวมไปถึงประโยชน์และโทษของรา

เมื่อผู้สอนสอนเรื่องความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต ในหัวข้ออาณาจักรฟังไจแล้ว ให้ผู้เรียนดูสื่อประกอบการสอนตอนนี้ไปพร้อมๆ กับผู้สอน นอกจากนี้อาจมีการนำตัวอย่างรา เช่น ราขนมปัง ยีสต์ เห็ด และถุงเพาะเห็ด เป็นต้น มาให้ผู้เรียนศึกษาร่วมกับการดูสื่อประกอบการสอน

จากนั้นผู้สอนให้ผู้เรียนอภิปราย โดยใช้คำถามและมีแนวทางคำตอบดังนี้

1. **คำถาม** : สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจมีลักษณะที่สำคัญเหมือนกันอย่างไร
   คำตอบ : เซลล์มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส มีผนังเซลล์ประกอบด้วยไคติน อาจเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดี่ยวหรือหลายเซลล์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเส้นใยหรือไฮฟา ไฮฟาของราหลายชนิดมีผนังกั้น แต่บางชนิดไม่มีผนังกั้น

2. **คำถาม** : เห็ดที่รับประทาน คือส่วนใดของรา
   คำตอบ : เห็ดที่รับประทาน คือ เส้นใยเจริญรวมกันเป็นโครงสร้างที่ทำหน้าที่สร้างสปอร์แบบอาศัยเพศ เรียกโครงสร้างดอกเห็ดนี้ว่า ฟรุตติงบอดี

3. **คำถาม** : เห็ดราสามารถดำรงชีวิตแบบใดได้บ้าง
   คำตอบ : เห็ดราส่วนใหญ่ดำรงชีวิตแบบผู้ย่อยสลาย โดยปล่อยเอนไซม์ออกมาภายนอกเซลล์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เป็นซากสิ่งมีชีวิต แล้วดูดซึมสารอาหารที่ย่อยได้เข้าสู่เซลล์ นอกจากนี้เห็ดราบางชนิดยังเป็นปรสิตของพืชและสัตว์ และเห็ดราบางชนิดก็ดำรงชีวิตแบบพึ่งพาอาศัยกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เช่น ไมคอร์ไรซาและไลเคน

4. **คำถาม** : นักอนุกรมวิธานใช้เกณฑ์ใดในการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจ
   คำตอบ : สิ่งมีชีวิตในอาณาจักรฟังไจสามารถจัดจำแนกออกเป็น 4 ไฟลัม โดยอาศัยลักษณะสปอร์ที่เกิดจากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและจากการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์

5. **คำถาม** : เห็ดราแต่ละไฟลัมมีการสร้างสปอร์ที่เกิดจากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศแตกต่างกันอย่างไร

   คำตอบ : Phylum Chytridiomycota จะสร้าง resting spores

   Phylum Zygomycota จะสร้าง zygospores

   Phylum Ascomycota จะสร้าง ascospores ในถุง (ascus)

   Phylum Basidiomycota จะสร้าง basidiospores บน basidium

6. **คำถาม** : ยกตัวอย่างการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของเห็ดราในกลุ่มต่างๆ

   คำตอบ : Phylum Chytridiomycota สร้าง zoospores

   Phylum Zygomycota สร้าง sporangiospore

   Phylum Ascomycota บางชนิดเช่น ยีสต์ จะมีการแตกหน่อ ส่วนราในไฟลัมนี้หลายชนิด เช่น *Aspergillus* หรือ *Penicillium* จะสร้างสปอร์ที่เรียกว่า conidia

7. **คำถาม** : เห็ดรามีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศอย่างไร

   คำตอบ : เห็ดราส่วนใหญ่เป็นผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์ ทำให้เกิดการหมุนเวียนของสารคาร์บอน ไนโตรเจนและสารอื่นๆ ในระบบนิเวศ

8. **คำถาม** : เห็ดราชนิดใดบ้างที่นำมาใช้ทางด้านอุตสาหกรรมอาหาร

   คำตอบ : ยีสต์ใช้ในการทำขนมปัง และเครื่องดื่มแอลกอฮอล์

   Aspergillus oryzae ใช้ในการหมักถั่วเหลืองในกระบวนการผลิตเต้าเจี้ยวและซีอิ้ว

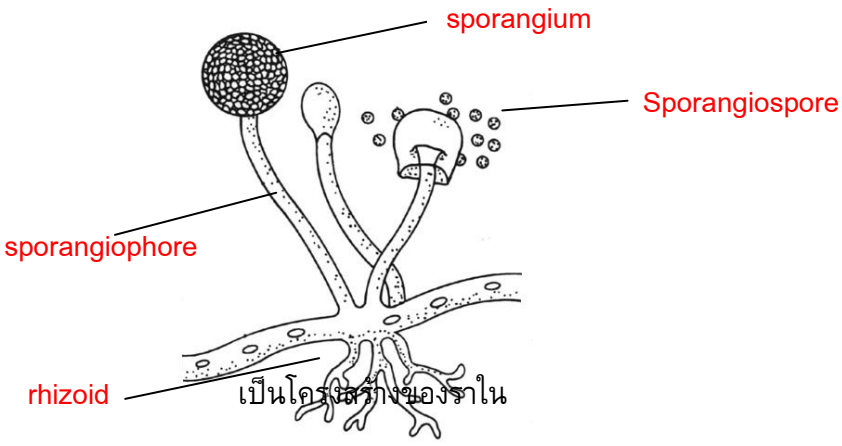
   Penicellium ถูกใช้ในการทำเนยแข็งหรือ cheese บางชนิด

กิจกรรมเสริม ผู้สอนทำรอยพิมพ์สปอร์ของเห็ดให้ผู้เรียนดู โดยการนำกระดาษที่มีสีขาวด้านหนึ่งและสีดำด้านหนึ่ง จากนั้นนำหมวกเห็ดที่หาได้ง่ายและบานเต็มที่ เช่น เห็ดนางฟ้า เห็ดฟาง เป็นต้น วางคว่ำเอาด้านครีบลงบนกระดาษ ให้หมวกเห็ดทับทั้งด้านสีดำและขาว แล้วนำภาชนะ เช่น แก้ว มาปิดไว้อีกชั้นหนึ่ง ทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน จากนั้นให้นำหมวกเห็ดออก แล้วสังเกตบนกระดาษ จะพบว่ามีผงสปอร์ของเห็ดร่วงหล่นเป็นรอยตามลักษณะของ hymenophore บนกระดาษ ผงสปอร์ที่เกิดขึ้นคือ เบสิดิโอสปอร์ ให้สังเกตสีของสปอร์ (โดยเห็ดแต่ละชนิดจะมีสีสปอร์แตกต่างกัน เช่น เห็ดฟางจะมีสปอร์สีชมพู เห็ดนางฟ้าจะมีสปอร์สีขาว เป็นต้น) นอกจากนี้ผู้สอนอาจเขี่ยผงสปอร์จากกระดาษไปส่องดูลักษณะเบสิดิโอสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ได้

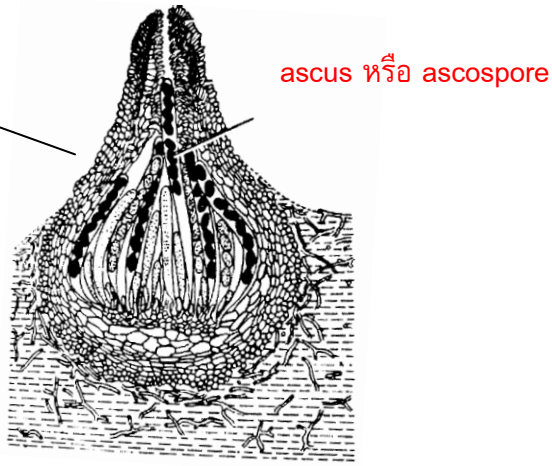
กิจกรรมเสริม ผู้สอนอาจเขียนตารางดังต่อไปนี้บนกระดาน แล้วให้ผู้เรียนเติมคำในแต่ละช่องของตาราง (ตัวอักษรสีแดง คือ คำตอบที่ถูกต้อง)

ไฟลัม	การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ	การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ
Chytridiomycota	สร้าง zoospores	สร้าง resting spores
Zygomycota	สร้าง sporangiospores หรือการหักของไมซีเลียม	สร้าง zygospores
Ascomycota	สร้าง conidia หรือ การแตกหน่อหรือ การหักของไมซีเลียม	สร้าง ascospores
Basidiomycota	สร้าง conidia หรือ การหักของไมซีเลียม	สร้าง basidiospores

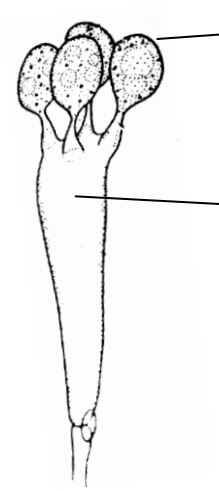
นอกจากนี้ ผู้สอนอาจมีภาพโครงสร้างต่าง ๆ แล้วให้ผู้เรียนเรียนเติมชื่อของโครงสร้างที่กำหนดให้ถูกต้อง ตัวอย่างเช่น (หมายเหตุ ตัวอักษรสีแดง คือ คำตอบที่ถูกต้อง)



เป็นโครงสร้างของราใน Phylum Zygomycota



เป็นโครงสร้างของราใน Phylum Ascomycota



เป็นโครงสร้างของราใน Phylum Basidiomycota

กิจกรรมเสริม ผู้สอนให้ผู้เรียนยกตัวอย่างฟังไจหรือบทบาทของฟังไจที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียนในกิจวัตรประจำวันตั้งแต่ตื่นนอนจนกระทั่งเข้านอนทั้งในด้านที่มีประโยชน์และโทษ

ภาคผนวก

ก. คำอธิบายศัพท์

การแตกหน่อ (budding)	กระบวนการเพิ่มจำนวนจากหนึ่งเป็นสองเซลล์ โดยเซลล์ลูกมีขนาดเล็กกว่าเซลล์แม่
ฟรุตติงบอดี (fruiting body)	โครงสร้างที่ใช้ในการสร้างสปอร์จากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ
ไมคอร์ไรซา (mycorrhiza)	ความสัมพันธ์แบบภาวะพึ่งพาระหว่างราที่ไม่ก่อโรคในพืชกับรากของพืชชั้นสูง
ไลเคน (lichen)	กลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่ประกอบด้วยราและสาหร่ายสีเขียวหรือไซยาโน-แบคทีเรียที่อาศัยอยู่ร่วมกันแบบภาวะพึ่งพา
ascocarp	โครงสร้างที่ห่อหุ้ม ascus
ascospore	สปอร์ในถุง ascusที่ถูกสร้างจากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของราใน Phylum Ascomycota
ascus	โครงสร้างคล้ายถุง ซึ่งภายในมี ascospore ของราใน Phylum Ascomycota
basidiospore	สปอร์ที่ถูกสร้าง บน basidiumจากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของราใน Phylum Basidiomycota
basidium	โครงสร้างคล้ายกระบองที่มีการสร้าง basidiospore ที่ส่วนปลาย โครงสร้างนี้อยู่ในส่วนที่เป็นครีบหรือรูของดอกเห็ดใน Phylum Basidiomycota

flagellum	โครงสร้างที่มีลักษณะเป็นเส้นยาว ใช้ในการเคลื่อนที่ของเซลล์บางชนิด
haustorium	เส้นใยพิเศษของราที่มีการเจริญเข้าไปในเซลล์ของ host เพื่อทำหน้าที่ดูดซึมสารอาหาร
karyogamy	การรวมกันของนิวเคลียส 2 นิวเคลียสหลังจากเกิดการรวมตัวกันของเซลล์
mitospore	สปอร์ที่เกิดจากการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโตซีส
plasmogamy	การรวมตัวกันของเซลล์หรือ cytoplasm โดยที่ยังไม่เกิดการรวมตัวกันของนิวเคลียส
rhizoid	โครงสร้างพิเศษที่มีลักษณะคล้ายรากที่แตกแขนง
resting spore	สปอร์ที่เกิดจากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของราใน Phylum Chytridiomycota เป็นสปอร์ที่มีผนังหนาสามารถมีชีวิตอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมะสมได้
saprophyte	สิ่งมีชีวิตที่กินซากสิ่งมีชีวิตเป็นอาหาร
sexual spore	สปอร์ที่เกิดจากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ
sporangiospore	สปอร์ที่มีผนังหนา ถูกสร้างภายในอับสปอร์ (sporangium)
sporangium	โครงสร้างที่ห่อหุ้ม sporangiospore
thallus	โครงสร้างของไลเคนหรือสาหร่ายที่ประกอบด้วยส่วนยึดเกาะและส่วนคล้ายลำต้นหรือใบ
zoospore	สปอร์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วย flagellum

zygospore	สปอร์ที่มีผนังหนา เกิดจากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของราใน Phylum Zygomycota

ข. แหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม

1. Alexopolous, C.J., Mims, C.W., and Blackwell, M. 2004. Introductory Mycology, 4th edition. John Wiley and Sons, Hoboken NJ.

2. Sama, P.D. 2005. Fungi and Allied Organisms. Alpha Science International Ltd., Oxford.

3. Kirk, P. M., Cannon, P. F., David, J. C., and Stalpers, J. A. 2008. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi 10th edition. CABI, Wallingford.

รายชื่อสื่อการสอนวิชาจำนวนทั้งหมดจำนวน 92 ตอน

ตอนที่	ชื่อตอน	อาจารย์ผู้จัดทำสื่อ
1	ชีววิทยาคืออะไร	รศ.ดร.ประคอง ตังประพฤทธิ์กุล
2	ชีวจริยธรรม	รศ.ดร.สุจินดา มาลัยวิจิตรนนท์
3	การวางแผนการทดลอง และการตรวจสอบสมมติฐาน	ผศ.ดร.พงชัย หาญยุทธนากร
4	ตัวอย่างการทดลองทางชีววิทยา	ผศ.ดร.พงชัย หาญยุทธนากร
5	ส่วนประกอบและวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	อ.ดร.จิรารัช กิตนะ
6	การเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาและประมาณขนาดด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง	อ.ดร.จิรารัช กิตนะ
7	ปฏิกิริยา polymerization และ hydrolysis	อ.ดร.จุฑาพันธุ์ พิณสวัสดิ์
8	โปรตีน	ผศ.ดร.พงชัย หาญยุทธนากร
9	กรดนิวคลีอิค	ผศ.ดร.พงชัย หาญยุทธนากร
10	การดำรงชีวิตของเซลล์	ผศ.ดร.พงชัย หาญยุทธนากร
11	การสื่อสารระหว่างเซลล์; บทนำ	ผศ.ดร.อรวรรณ สัตยาลัย
12	การสื่อสารระหว่างเซลล์; การสื่อสารระยะใกล้ในพืชและสัตว์	ผศ.ดร.อรวรรณ สัตยาลัย
13	การสื่อสารระยะไกลในสัตว์	ผศ.ดร.อรวรรณ สัตยาลัย
14	องค์ประกอบของการสื่อสารระหว่างเซลล์	ผศ.ดร.อรวรรณ สัตยาลัย
15	ทางเดินอาหารและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง	ผศ.ดร.พัชนี สิงห์อาษา
16	การย่อยอาหารในลำไส้เล็ก	ผศ.ดร.พัชนี สิงห์อาษา
17	ภาพรวมของการสลายอาหารระดับเซลล์	อ.ดร.จุฑาพันธุ์ พิณสวัสดิ์
18	ลูกโซ่หายใจ	อ.ดร.จุฑาพันธุ์ พิณสวัสดิ์
19	oxidative phosphorylation	อ.ดร.จุฑาพันธุ์ พิณสวัสดิ์
20	การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์น้ำและสัตว์บก	รศ.ดร.ประคอง ตังประพฤทธิ์กุล

ตอนที่	ชื่อตอน	อาจารย์ผู้จัดทำสื่อ
21	เรื่องกลไกการหายใจและศูนย์ควบคุมการหายใจในคน	รศ.ดร.ประคอง ตังประพฤทธิ์กุล
22	ไต: หน่วยไต และการสร้างปัสสาวะของไตคน	รศ.ดร.ประคอง ตังประพฤทธิ์กุล
23	ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด (open circulatory system) และแบบปิด (closed circulatory system)	รศ.ดร.วิทยา ยศยิ่งยวด
24	องค์ประกอบของเลือด หมู่เลือด และ การแข็งตัวของเลือด	รศ.ดร.วิทยา ยศยิ่งยวด
25	การป้องกันตนเองของร่างกาย และ ระบบภูมิคุ้มกัน	รศ.ดร.วิทยา ยศยิ่งยวด
26	การเคลื่อนที่ของปลา	รศ.วีณา เมฆวิชัย
27	กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อโครงร่าง	รศ.ดร.ประคอง ตังประพฤทธิ์กุล
28	การทำงานของเซลล์ประสาท	อ.ดร.นพดล กิตนะ
29	การถ่ายทอดกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาท	อ.ดร.นพดล กิตนะ
30	เซลล์รับความรู้สึก	รศ.ดร.ประคอง ตังประพฤทธิ์กุล
31	หูและการได้ยิน	รศ.ดร.ประคอง ตังประพฤทธิ์กุล
32	ฮอร์โมนคืออะไร	รศ.ดร.สุจินดา มาลัยวิจิตรนนท์
33	ชนิดของฮอร์โมนและชนิดของเซลล์เป้าหมาย	รศ.ดร.สุจินดา มาลัยวิจิตรนนท์
34	การสืบพันธุ์ระดับเซลล์ 1 วัฏจักรเซลล์ อินเทอร์เฟส และ division phase	ผศ.ดร.อรวรรณ สัตยาลัย
35	การสืบพันธุ์ระดับเซลล์ 2 วัฏจักรเซลล์ division phase mitosis	ผศ.ดร.อรวรรณ สัตยาลัย
36	การสืบพันธุ์ระดับเซลล์ 3 วัฏจักรเซลล์; division phase; meiosis	ผศ.ดร.อรวรรณ สัตยาลัย
37	เซลล์พืช	อ.ดร.มานิต คิดอยู่
38	เนื้อเยื่อพืช	อ.ดร.มานิต คิดอยู่
39	ปากใบและการควบคุมการเปิด-ปิดของปากใบ	อ.ดร.อัญชลี ใจดี
40	การลำเลียงน้ำของพืช	รศ.ดร.ปรีดา บุญ-หลง
41	พลังงานชีวิต	รศ.ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์

ตอนที่	ชื่อตอน	อาจารย์ผู้จัดทำสื่อ
42	ปฏิกิริยาแสง (Light reaction)	รศ.ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์
43	ปฏิกิริยาคาร์บอน (carbon reaction) – Calvin cycle	ผศ.ดร.บุญธิดา โฆษิตทรัพย์
44	กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_4	ผศ.ดร.บุญธิดา โฆษิตทรัพย์
45	กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช CAM	ผศ.ดร.บุญธิดา โฆษิตทรัพย์
46	ปัจจัยจำกัดในการสังเคราะห์แสง	รศ.ดร.ปรีดา บุญ-หลง
47	โครงสร้างของดอก (Structure of Flower)	ผศ.ดร.ต่อศักดิ์ สีลานันท์
48	การปฏิสนธิในพืชดอก	ผศ.ดร.ต่อศักดิ์ สีลานันท์
49	การเกิดและโครงสร้างผล	อ.ดร.สร้อยนภา ญาณวัฒน์
50	การงอกของเมล็ด	รศ.นันทนา อังกินันทน์
51	การวัดการเจริญเติบโตของพืช	อ.ดร.อัญชลี ใจดี
52	ออกซิน	ผศ.ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ
53	การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในการเกษตร	ผศ.พัชรา ลิมปะเวช
54	การเคลื่อนไหวของพืช	ผศ.ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ
55	ความน่าจะเป็นและกฎแห่งการแยก	ผศ. เรืองวิทย์ บรรจงรัตน์
56	กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ	ผศ. เรืองวิทย์ บรรจงรัตน์
57	มัลติเปิลแอลลีล (Multiple alleles)	อ.ดร.วราลักษณ์ เกษตรานันท์
58	พอลิยีน (Polygene)	อ.ดร.วราลักษณ์ เกษตรานันท์
59	โครงสร้างของดีเอ็นเอ (DNA structure)	อ.ดร.เพลินพิศ โชคชัยชำนาญกิจ
60	โครงสร้างของโครโมโซม (Chromosome structure)	อ.ดร.เพลินพิศ โชคชัยชำนาญกิจ
61	การถอดรหัสพันธุกรรม (Transcription)	อ.ดร.ธนะกาญจน์ มัญชุพานี
62	การแปลรหัสพันธุกรรม (Translation)	อ.ดร.ธนะกาญจน์ มัญชุพานี
63	แนะนำพันธุวิศวกรรม	อ.ดร.ปฐมวดี ญาณทัศนีย์จิต
64	ขั้นตอนของพันธุวิศวกรรม	อ.ดร.ปฐมวดี ญาณทัศนีย์จิต

ตอนที่	ชื่อตอน	อาจารย์ผู้จัดทำสื่อ
65	สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม (Genetically modified organisms: GMOs)	อ.ดร.รัชนีกร ธรรมโชติ
66	ชาร์ล ดาร์วิน คือใคร	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
67	หลักฐานการเกิดวิวัฒนาการ	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
68	ทฤษฎีวิวัฒนาการของดาร์วิน	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
69	วิวัฒนาการของเชื้อดื้อยา	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
70	วิวัฒนาการของมนุษย์	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
71	อาณาจักรมอเนอรา	ผศ.ดร.รสริน พลวัฒน์
72	อาณาจักรโพรทิสตา	ผศ.ดร.รสริน พลวัฒน์
73	อาณาจักรฟังไจ	ผศ.ดร.จิตรตรา เพียภูเขียว
74	ความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	ผศ.ดร.อาจอง ประทัตสุนทรสาร
75	ความหลากหลายของสัตว์มีกระดูกสันหลัง	รศ.วีณา เมฆวิชัย
76	กลไกของพฤติกรรม	รศ.ดร.อุษณีย์ ยศยิ่งยวด
77	พฤติกรรมการเรียนรู้แบบต่าง ๆ	รศ.ดร.อุษณีย์ ยศยิ่งยวด
78	การสื่อสารระหว่างสัตว์	รศ.ดร.อุษณีย์ ยศยิ่งยวด
79	แนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ	ผศ.ดร.อาจอง ประทัตสุนทรสาร
80	ไบโอมบนบก	ผศ.ดร.อาจอง ประทัตสุนทรสาร
81	การสำรวจระบบนิเวศบนบก	ผศ.ดร.อาจอง ประทัตสุนทรสาร
82	ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับปัจจัยทางกายภาพ	ผศ.ดร.วิเชฎฐ์ คนซื่อ
83	ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ในระบบนิเวศ	ผศ.ดร.วิเชฎฐ์ คนซื่อ
84	โซ่อาหารและใยอาหาร	ผศ.ดร.วิเชฎฐ์ คนซื่อ
85	วัฏจักรสาร	ผศ.ดร.วิเชฎฐ์ คนซื่อ
86	ความหมายของคำว่าประชากร (population) และประวัติการศึกษาประชากร	รศ.ดร.กำธร ธีรคุปต์

ตอนที่	ชื่อตอน	อาจารย์ผู้จัดทำสื่อ
87	วิธีการหาค่าความหนาแน่นของประชากรโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบวางแปลง (quadrat sampling method)	รศ.ดร.กำธร ธีรคุปต์
88	การเพิ่มขนาดของประชากร (population growth)	รศ.ดร.กำธร ธีรคุปต์
89	โครงสร้างอายุ (age structure) ของประชากร	รศ.ดร.กำธร ธีรคุปต์
90	ประเภทของทรัพยากร	อ.ดร.พงษ์ชัย ดำรงโรจน์วัฒนา
91	ปัญหาที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสภาพแวดล้อม	อ.ดร.พงษ์ชัย ดำรงโรจน์วัฒนา
92	หลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ	อ.ดร.พงษ์ชัย ดำรงโรจน์วัฒนา