

คำนำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ร่วมกับ สถาบันพัฒนาครู คณาจารย์ และบุคลากรทางการศึกษา (สคบศ.) ดำเนินการพัฒนาชุดการอบรมครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ระดับประถมศึกษาถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามโครงการพัฒนาชุดการอบรมครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ระดับประถมศึกษาถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่เน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา โดยเริ่มโครงการระหว่างปีงบประมาณ 2555 – 2557

เพื่อให้การอบรมครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่ดำเนินตามนโยบาย เป้าหมาย และวัตถุประสงค์ สสวท. จึงได้จัดทำชุดการอบรมครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่ จำนวน 13 ชุด ได้แก่ (1) วิชาวิทยาศาสตร์ประถมศึกษา (2) วิชาวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนต้น (3) วิชาเคมีมัธยมศึกษาตอนปลาย (4) วิชาชีววิทยามัธยมศึกษาตอนปลาย (5) วิชาฟิสิกส์มัธยมศึกษาตอนปลาย (6) วิชาโลก ดาราศาสตร์และอวกาศมัธยมศึกษาตอนปลาย (7) วิชาคณิตศาสตร์ประถมศึกษาตอนต้น (8) วิชาคณิตศาสตร์ประถมศึกษาตอนปลาย (9) วิชาคณิตศาสตร์มัธยมศึกษาตอนต้น (10) วิชาคณิตศาสตร์มัธยมศึกษาตอนปลาย (11) วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารประถมศึกษา (12) วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมัธยมศึกษาตอนต้น (13) วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมัธยมศึกษาตอนปลาย แต่ละชุดประกอบด้วย แผนการอบรม เอกสารสำหรับผู้เข้ารับการอบรม เอกสารสำหรับวิทยากร และสื่อประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อมอบให้กับสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาและหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องดำเนินการอบรมครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่ในสังกัดต่อไป

สสวท. ขอขอบพระคุณคณะผู้เชี่ยวชาญ คุณครู และคณะกรรมการทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการพัฒนาหลักสูตร และจัดทำเอกสาร หวังเป็นอย่างยิ่งว่า เอกสารเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย หากมีข้อเสนอแนะโปรดแจ้งแก่ คณะทำงานโครงการพัฒนาชุดการอบรมครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่ สสวท. ทราบด้วย จักขอบคุณยิ่ง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กันยายน 2557



สารบัญ

	หน้า
หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 การออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วิชาชีววิทยา	1
เรื่อง เซลล์และกล้องจุลทรรศน์	3
แผนการอบรม	5
เอกสารประกอบแผนการอบรม	15
เรื่อง การแบ่งเซลล์	63
แผนการอบรม	65
เอกสารประกอบแผนการอบรม	71
เรื่อง การสำรวจระบบนิเวศ	85
แผนการอบรม	87
เอกสารประกอบแผนการอบรม	97
เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	133
แผนการอบรม	135
เอกสารประกอบแผนการอบรม	143
แนวทางการตอบคำถามในใบงาน	179



หน่วยการเรียนรู้ที่ 6

การออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
วิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

เรื่อง เซลล์และกล้องจุลทรรศน์

แผนการอบรม

แผนการอบรมครูชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สำหรับครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่
เรื่อง เซลล์และกล้องจุลทรรศน์

เวลา 6 ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเซลล์และโครงสร้างของเซลล์ที่ศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์
2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับประเภทของกล้องจุลทรรศน์ และหลักการใช้งาน
3. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับส่วนประกอบและหน้าที่ของส่วนประกอบ วิธีการใช้ การดูแล และเก็บรักษากล้องจุลทรรศน์ให้แสง

สาระสำคัญ

เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างของเซลล์ประกอบด้วยส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาซึม และนิวเคลียส เซลล์มีรูปร่างแตกต่างกัน ส่วนมากมีขนาดเล็กมากมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ต้องอาศัยกล้องจุลทรรศน์ช่วยในการศึกษา

กล้องจุลทรรศน์เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการศึกษาสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กและเซลล์ของสิ่งมีชีวิตที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า การรู้จักส่วนประกอบต่าง ๆ ของกล้องจุลทรรศน์ตลอดจนวิธีการใช้และเก็บรักษาอย่างถูกต้องจึงจำเป็นสำหรับผู้ใช้งานเพื่อให้มีการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กล้องจุลทรรศน์ที่ใช้ในปัจจุบันสามารถจำแนกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง (light microscope) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (electron microscope) กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงจะใช้เลนส์แก้วหักเหแสงจากวัตถุ แล้วทำให้เกิดภาพขยายของวัตถุนั้น โดยมีกำลังขยายสูงสุดประมาณ 1,000 เท่า ส่วนกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนใช้ลำอิเล็กตรอนที่มีคลื่นความถี่สูงมาใช้แทนแสง และมีกำลังขยายมากกว่า 500,000 เท่า

โดยทั่วไปกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการชีววิทยา ได้แก่ กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา (simple compound light microscope) ภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพเสมือนหัวกลับ (กลับซ้ายขวา) และกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ (stereoscopic microscope) ซึ่งมีส่วนประกอบคล้ายกับกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดาแต่มีการใช้งานในวัตถุประสงค์ที่แตกต่างไป คือ ใช้ศึกษาวัตถุที่มีขนาดใหญ่ ทึบแสง หรือโปร่งแสงได้ ภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพ 3 มิติ และเป็นภาพเสมือนหัวตั้ง (ไม่กลับซ้ายขวา) ส่วนใหญ่มีเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่ำกว่า 10X



ความรู้พื้นฐาน

1. โครงสร้างพื้นฐานและหน้าที่ขององค์ประกอบของเซลล์
2. ประเภทของกล้องจุลทรรศน์ และหลักการใช้งาน
3. ทักษะเบื้องต้นในการใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง

สื่อการเรียนรู้

1. เอกสารประกอบการอบรม 1: ใบกิจกรรมที่ 1 – 4
2. เอกสารประกอบการอบรม 2: ใบงานที่ 1 – 4
3. เอกสารประกอบการอบรม 1: ใบความรู้ที่ 1 – 4
4. กล้องจุลทรรศน์ และวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ
5. วิดีทัศน์ เรื่อง ส่วนประกอบและวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง
6. ภาพประกอบกิจกรรมที่ 1 – 4
7. PowerPoint
8. โสตทัศนูปกรณ์ Computer และ LCD projector

แนวทางการจัดกิจกรรม

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน วิทยากรทบทวนความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐาน และหน้าที่ขององค์ประกอบต่าง ๆ ในเซลล์ รวมทั้งเรื่องกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน โดยใช้คำถามถามผู้เข้ารับการอบรม ตัวอย่างคำถาม - เซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีกี่ประเภท อะไรบ้าง - โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์ประกอบด้วยอะไรบ้าง - กล้องจุลทรรศน์มีกี่ประเภท อะไรบ้าง วิทยากรนำเสนอภาพเซลล์พืช เซลล์สัตว์ และโพทิสต์ โดยใช้สื่อ PowerPoint เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสรุปองค์ความรู้ โดยใช้คำถามถาม ผู้เข้ารับการอบรม ดังนี้	- ภาพเซลล์พืช เซลล์สัตว์ และโพทิสต์ เช่น พารามีเซียม โดยใช้ภาพที่มาจากกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง และกล้อง	

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
- ภาพเซลล์ทั้ง 3 ชนิดนี้ เป็นภาพอะไร - ภาพดังกล่าวมีโครงสร้าง และองค์ประกอบของเซลล์ที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร - ภาพเหล่านี้มาจากกล้องจุลทรรศน์ประเภทใด	จุลทรรศน์อิเล็กตรอน	
2. ขั้นสอน 1) วิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมทำกิจกรรมที่ 1 เรื่อง กล้องจุลทรรศน์ วิธีการใช้และการเก็บรักษา โดยศึกษาข้อมูลจากใบความรู้ที่ 1 เมื่อทำกิจกรรมเสร็จแล้ว ให้ตอบคำถามลงในใบงานที่ 1 และเชิญวิทยากรมาตรวจดูสไลด์ที่เตรียมวางอยู่ใต้กล้องจุลทรรศน์ พร้อมทั้งเก็บกล้องจุลทรรศน์ให้ถูกวิธี วิทยากรอาจฉายวีดิทัศน์เรื่อง ส่วนประกอบและวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์ให้แสง ให้ผู้เข้ารับการอบรมดู เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมประเมินตนเองว่าได้ปฏิบัติการได้ถูกต้องตามหลักการหรือไม่ อย่างไร จากนั้นใช้คำถามถามผู้เข้ารับการอบรมว่า - จากการศึกษาสิ่งมีชีวิตจากน้ำในสระ สิ่งมีชีวิตที่เห็นนั้นคืออะไร จะทราบขนาดจริงได้อย่างไร 2) วิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมทำกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การคำนวณหาค่าลังขยายของภาพและขนาดของวัตถุภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ซึ่งมีอยู่ 2 ตอน โดยตอนที่ 1 เป็นการหาขนาดของวัตถุโดยประมาณ และตอนที่ 2 เป็นการหาขนาดของวัตถุโดยละเอียด ซึ่งศึกษาข้อมูลได้จากใบความรู้ที่ 2 เมื่อทำกิจกรรมเสร็จแล้ว ให้ตอบคำถามลงในใบงานที่ 2 จากนั้นวิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมร่วมกันสรุปว่า การหาขนาดของวัตถุทั้ง 2 แบบนี้ แตกต่างกันอย่างไร และมีประโยชน์อย่างไร วิทยากรมอบหมายให้ผู้เข้ารับการอบรมอ่านใบความรู้ที่ 3 เรื่อง กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	- ใบงานที่ 1 - ใบความรู้ที่ 1 - สื่อ อุปกรณ์ ตามใบกิจกรรมที่ 1 - ใบงานที่ 2 - ใบความรู้ที่ 2 - สื่อ อุปกรณ์ ตามใบกิจกรรมที่ 1 - ใบความรู้ที่ 3	- ตอบคำถามในใบงานที่ 1 ตอนที่ 1 – 3 - การเตรียมสไลด์ตัวอักษร - การเตรียมสไลด์สดจากน้ำในสระ - การเก็บกล้องจุลทรรศน์ หลังจากใช้งานแล้วได้ถูกต้อง หมายเหตุ คำถามในใบงานวิทยากรสามารถตรวจนอกเวลาได้ - ตอบคำถามในใบงานที่ 2 ตอนที่ 1 และตอนที่ 2



กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
3) วิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมทำกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดาสร้างภาพพื้นมืด และภาพ 3 มิติ โดยวิทยากรใช้สื่อ PowerPoint บรรยายถึงหลักการและวิธีการสร้างภาพพื้นมืด และภาพ 3 มิติ ดังนี้ วิทยากรนำภาพพารามิเทียมหรือโพทิสต์ชนิดต่าง ๆ ที่ศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา ซึ่งโครงสร้างของเซลล์ที่เห็นส่วนใหญ่จะใสและไม่มีสี เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสังเกตและใช้คำถาม ตัวอย่างคำถาม - โครงสร้างของเซลล์ที่เห็นมีอะไรบ้าง - โครงสร้างที่เห็น เห็นชัดเจนหรือไม่ - ถ้าต้องการให้เห็นโครงสร้างเหล่านั้นชัดเจนขึ้นควรทำอย่างไร - โครงสร้างใสที่เห็นมีสมบัติแตกต่างจากน้ำอย่างไร วิทยากรนำภาพแก้วใสน้ำที่มีดินสอแชอยู่ แล้วถามผู้เข้ารับการอบรมว่า - ทำไมจึงสามารถเห็นน้ำในแก้วน้ำได้ - ทำไมจึงเห็นดินสอส่วนที่อยู่ในน้ำต่อไม่ตรงกับดินสอส่วนที่อยู่ในอากาศ วิทยากรนำภาพการสร้างภาพพื้นมืดและภาพ 3 มิติ บรรยายเส้นทางเดินของแสง แนะนำวิธีการสร้างภาพดังกล่าว และให้ผู้เข้ารับการอบรมทำกิจกรรมโดย 1. เตรียมสไลด์พารามิเทียม เพื่อศึกษาโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ปกติ 2. ใช้สติกเกอร์สีดำหรือเหรียญบาทติดตรงกลางของแผ่นกรองแสง แล้วศึกษาโครงสร้างของพารามิเทียม จากนั้นวิทยากรใช้คำถาม ถามผู้เข้ารับการอบรมว่า โครงสร้างของพารามิเทียม	- ใบงานที่ 3 - สื่อ PowerPoint - สื่อ อุปกรณ์ ตามใบกิจกรรมที่ 1	- ตอบคำถามในใบงานที่ 3 ตอนที่ 1 และตอนที่ 2

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
ทั้ง 2 ภาพ แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร 3. เปลี่ยนตำแหน่งของสติกเกอร์ไปอยู่ชิดขอบของแผ่นกรองแสง ห่างประมาณ 2 มิลลิเมตร สังเกตโครงสร้างของพารามีเซียมที่เห็น วิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมเปรียบเทียบและสรุปผลการสังเกตโครงสร้างของพารามีเซียมที่ได้จากทั้ง 2 วิธีว่า เห็นโครงสร้างใดชัดเจนขึ้นบ้าง และตอบคำถามลงในใบงานที่ 3 ตอนที่ 1 และตอนที่ 2 4) วิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมทำกิจกรรมที่ 4 เรื่อง โครงสร้างของเซลล์และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน โดยวิทยากรตั้งคำถาม ถามผู้เข้ารับการอบรมว่า - สิ่งมีชีวิตที่นำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่ได้ทำกิจกรรมที่ 1 – 3 ไปแล้วนั้น สามารถมองเห็นโครงสร้างและออร์แกเนลล์ของสิ่งมีชีวิตได้มากน้อยอย่างไร และมีข้อจำกัดอย่างไร วิทยากรนำภาพเซลล์กล้ามเนื้อหรือเซลล์เม็ดเลือดแดงของคนที่ถ่ายด้วยกล้องใช้แสง และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านที่มีกำลังขยายเท่ากันให้ผู้เข้ารับการอบรมสังเกต และใช้คำถาม ถามว่า - รายละเอียดโครงสร้างของเซลล์จากภาพทั้ง 2 แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร เพราะเหตุใด วิทยากรนำภาพเปรียบเทียบการใช้รูปลูกบอลขนาดต่าง ๆ มาสร้างภาพอักษร F ขนาดของลูกบอลเทียบเท่ากับความยาวคลื่นแสงและลำอิเล็กตรอน ซึ่งลำอิเล็กตรอนมีความยาวคลื่นสั้นกว่าความยาวคลื่นของแสงมาก ประมาณ 100,000 เท่า เพื่อให้เข้าใจว่าความยาวคลื่นมีผลต่อการแยกชัดหรือรายละเอียดของภาพ วิทยากรนำภาพเซลล์เม็ดเลือดขาวที่ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ	- ใบความรู้ที่ 3 - สื่อ PowerPoint - ใบงานที่ 4	- ตอบคำถามในใบงานที่ 4 ข้อที่ 1



กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
ส่องผ่าน และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ให้ผู้เข้ารับการอบรมดู แล้วใช้คำถามถามว่า - ทำไมภาพทั้ง 3 ซึ่งเป็นภาพของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดเดียวกันจึงแตกต่างกัน วิทยากรเปิดโอกาสให้ผู้เข้ารับการอบรมซักถามเพิ่มเติมเพื่อสรุปองค์ความรู้ต่าง ๆ ให้ถูกต้องในเรื่องชนิดกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน การเตรียมตัวอย่างและการเห็นภาพ เรื่อง High voltage electron microscope และการทำให้เกิดภาพ 3 มิติ โดยอาจใช้คำถามหรือการอภิปรายถึงหลักการทำงานและข้อดีของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ตัวอย่างคำถามเช่น - หลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแตกต่างจากกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา และแบบสเตอริโออย่างไร - ข้อดีของการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนในการศึกษาโครงสร้างของเซลล์มีอะไรบ้าง เมื่อทำกิจกรรมเสร็จแล้ว วิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมทำใบงานที่ 4 ข้อที่ 1 5) วิทยากรนำภาพเซลล์โพคาริโอตและยูคาริโอตชนิดต่าง ๆ ให้ผู้เข้ารับการอบรมเปรียบเทียบโครงสร้างของเซลล์ว่ามีโครงสร้างของเซลล์ต่างกันอย่างไร วิทยากรมอบหมายให้ผู้เข้ารับการอบรมอ่านใบความรู้ที่ 4 เรื่อง เซลล์และโครงสร้างของเซลล์ วิทยากรเปิดโอกาสให้ผู้เข้ารับการอบรมซักถามเพิ่มเติมเพื่อสรุปองค์ความรู้ต่าง ๆ ให้ถูกต้องในเรื่องโครงสร้างของเซลล์ เมื่อทำกิจกรรมเสร็จแล้ว วิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมทำใบงานที่ 4 ข้อที่ 2	- ใบความรู้ที่ 4 - สื่อ PowerPoint - ใบงานที่ 4	- การตอบคำถามในใบงานที่ 4 ข้อที่ 2

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
3. ขึ้นสรุป วิทยากรใช้ภาพเกี่ยวกับเซลล์ที่ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ประเภทต่าง ๆ เช่น กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสรุปว่าเป็นภาพจากกล้องจุลทรรศน์ประเภทใด ใช้วิธีการเตรียมอย่างไร และเห็นโครงสร้างใดบ้าง	- สื่อ PowerPoint ของภาพต่าง ๆ จากกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	

การประเมินผล

รายการประเมินผล	เกณฑ์การให้คะแนน (คะแนนเต็ม 19 คะแนน)	เครื่องมือ
การมีส่วนร่วมในกิจกรรม	คะแนนเต็ม 6 คะแนน โดย - 1 คะแนน จากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่ 1 - 1 คะแนน จากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่ 2 - 1 คะแนน จากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่ 3 - 3 คะแนน จากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่ 4	
ชิ้นงาน ชิ้นงาน 1 เดียว - การเตรียมสไลด์ตัวอักษร - การเตรียมสไลด์น้ำจากสระ - การใช้กล้องจุลทรรศน์	คะแนนเต็ม 3 คะแนน โดย - 1 คะแนน จากการเตรียมสไลด์ตัวอักษร - 1 คะแนน จากการเตรียมสไลด์น้ำจากสระ - 1 คะแนน จากการใช้และการส่งคืนกล้อง	
การนำเสนอผลงาน กิจกรรมที่ 1 ใบงานที่ 1 กิจกรรมที่ 2 ใบงานที่ 2 กิจกรรมที่ 3 ใบงานที่ 3 กิจกรรมที่ 4 ใบงานที่ 4	คะแนนเต็ม 10 คะแนน โดย - 2 คะแนน จากการตอบคำถามในใบงานที่ 1 - 3 คะแนน จากการตอบคำถามในใบงานที่ 2 - 3 คะแนน จากการตอบคำถามในใบงานที่ 3 - 2 คะแนน จากการตอบคำถามในใบงานที่ 4	คำถามในกิจกรรมที่ 1 ใบงานที่ 1 – 4



เอกสารประกอบแผนการอบรม

ใบกิจกรรมที่ 1

เรื่อง กล้องจุลทรรศน์ วิธีการใช้และเก็บรักษา

วัตถุประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถ

1. ระบุส่วนประกอบและหน้าที่ของส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์ได้ถูกต้อง
2. ใช้ ดูแลและเก็บรักษากล้องจุลทรรศน์ได้ถูกวิธี
3. เตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ได้ถูกวิธี

สื่อ – อุปกรณ์

1. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา
2. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ
3. สไลด์และกระจกปิดสไลด์
4. ตัวอักษร
5. หลอดหยด เข็ม เขี่ย ปากคีบ
6. ปีกเกอร์ หรือจานเพาะเชื้อ
7. ตัวอย่างน้ำในสระ
8. แมลงขนาดเล็ก เช่น มอดแป้ง หรืออวัยวะของแมลง เช่น หนวด ปีก ขา เป็นต้น
9. ภาพแสดงสิ่งมีชีวิตที่พบได้ในน้ำจืด
10. ลูกยางที่ใช้เป่าฝุ่น
11. กระจกเช็ดเลนส์ และน้ำยาเช็ดเลนส์
12. ไม้พันสำลี
13. กระจกเยื่อ
14. ใบงานที่ 1
15. ใบความรู้ที่ 1

วิธีการ

ตอนที่ 1 ส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์ (ใบความรู้ที่ 1)

1.1 ศึกษาส่วนประกอบต่าง ๆ และหน้าที่ของกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา ดังต่อไปนี้

- ฐาน (base)
- แขน (arm)
- แท่นวางวัตถุ (stage)
- แหล่งกำเนิดแสง (light source)
- เลนส์รวมแสง (condenser)



- ไดอะแฟรม (diaphragm)
- แผ่นกรองแสง (filter)
- แป้นที่เลนส์ไถ้วัดติดอยู่ (revolving nosepiece)
- เลนส์ไถ้วัด (objective lens)
- เลนส์ไถ้ตา (eyepieces หรือ ocular lens)
- ปุ่มปรับภาพหยาบ (coarse adjustment knob)
- ปุ่มปรับภาพละเอียด (fine adjustment knob)

1.2 ศึกษาส่วนประกอบต่าง ๆ และหน้าที่ของกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ ดังต่อไปนี้

- ฐาน (base)
- แขน (arm)
- แท่นวางวัตถุ (stage)
- เลนส์ไถ้ตา (eyepieces หรือ ocular lens)
- เลนส์ไถ้วัด (objective lens)
- ปุ่มปรับภาพ (focusing knob)
- แป้นหมุนเพื่อขยายภาพ (zoom control ring)
- แหล่งกำเนิดแสง (illuminator lamp)
- สวิตช์เปิด-ปิดและเลือกแสง (selector switch)
- ปุ่มปรับแสง (dimmer switch)

ตอนที่ 2 ปฏิบัติการใช้กล้องจุลทรรศน์ (ใบความรู้ที่ 1)

2.1 กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา

- 1) การเคลื่อนย้ายกล้องจุลทรรศน์
- 2) เตรียมสไลด์ตัวอักษร เพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์
- 3) เตรียมสไลด์สดจากตัวอย่างน้ำในสระ
- 4) ศึกษาเซลล์เม็ดเลือดจากสไลด์ถาวร โดยใช้เลนส์ไถ้วัดกำลังขยาย 100X

2.2 กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ

- 1) การเคลื่อนย้ายกล้องจุลทรรศน์
- 2) เตรียมแมลงหรืออวัยวะของแมลง เพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ตอนที่ 3 การดูแลและเก็บรักษากล้อง (ใบความรู้ที่ 1)

- 3.1 ทำความสะอาดส่วนประกอบต่างๆ ของกล้องจุลทรรศน์
- 3.2 เก็บกล้องจุลทรรศน์ให้อยู่ในสภาพปกติก่อนใช้งาน

ใบกิจกรรมที่ 2

เรื่อง การคำนวณหาค่าลักษณะของภาพและขนาดของวัตถุภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ตอนที่ 1 การหาขนาดของวัตถุโดยประมาณ

วัตถุประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถ

1. ใช้ไม้บรรทัดเพื่อคำนวณหาความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ
2. คำนวณหาค่าลักษณะของภาพจากกล้องจุลทรรศน์และประมาณขนาดของวัตถุ

สื่อ - อุปกรณ์

1. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา
2. ไม้บรรทัดพลาสติกใสอย่างบาง
3. สไลด์ถาวรพารามีเซียม
4. ใบงานที่ 2 (ตอนที่ 1)

วิธีการ

1. นำสไลด์ถาวรพารามีเซียมมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่าง ๆ
2. อ่านค่ากำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา และเลนส์ใกล้วัตถุ
3. คำนวณกำลังขยายของภาพจากกล้องจุลทรรศน์โดยคิดจาก ผลคูณระหว่างกำลังขยายของ

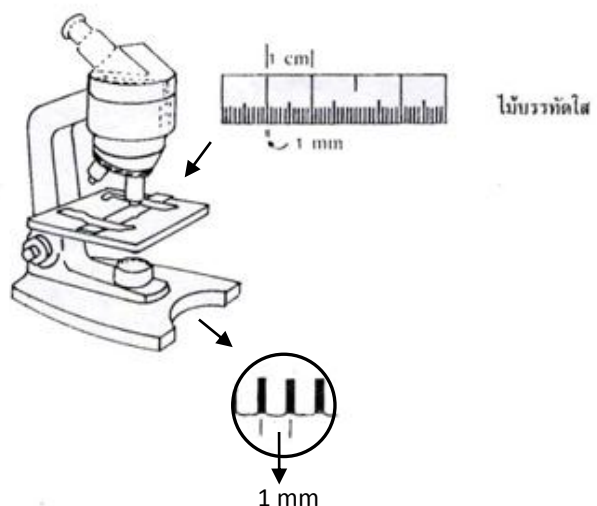
เลนส์ใกล้ตากับเลนส์ใกล้วัตถุ

4. นำสไลด์ถาวรพารามีเซียมออก วางไม้บรรทัดพลาสติกใสอย่างบางบนแท่นวางวัตถุโดยที่ขีดบอกระยะเป็นเซนติเมตร (cm) อยู่ตรงเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ ปรับให้เห็นสเกลบนไม้บรรทัดชัดเจนด้วยเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่ำ ดังภาพ นับจำนวนมิลลิเมตร (mm) จากขอบด้านหนึ่งจนถึงขอบอีกด้านหนึ่ง ซึ่งก็คือ ความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพจากกล้องจุลทรรศน์ ขณะที่ใช้กำลังขยายต่ำ (4X)

บันทึกค่าที่ได้ในใบงานที่ 2 (ตอนที่ 1 ข้อ 1.1)

5. นำไม้บรรทัดออก ใช้สไลด์ถาวรพารามีเซียมมาส่องดูด้วยเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 4X อีกครั้งหนึ่ง ประมาณความยาวของพารามีเซียม โดยเทียบกับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของภาพที่เห็นผ่านเลนส์ใกล้ตาที่ได้บันทึกผลไว้

6. ทำการทดลองเช่นเดียวกันนี้กับเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายอื่น ๆ แล้วบันทึกค่าที่ได้ในใบงานที่ 2 (ตอนที่ 1 ข้อ 1.1)



7. หาขนาดของวัตถุจากกำลังขยายของภาพ โดยใช้ข้อมูลต่อไปนี้

7.1 ถ้าขนาดจริงของพารามีเซียมวัดได้ 100 ไมโครเมตร (μm) เมื่อนำไปศึกษาด้วยกำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา 10X และกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ 10X จะเห็นภาพพารามีเซียมมีความยาวเพิ่มขึ้นกี่เท่า และภาพของพารามีเซียมมีความยาวกี่เซนติเมตร (บันทึกค่าที่ได้ในใบงานที่ 2 ตอนที่ 1 ข้อ 1.2)

7.2 ถ้าวัตถุมีความยาว 4 μm เมื่อนำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จะมีความยาวประมาณ 4 มิลลิเมตร (mm) กล้องนี้มีกำลังขยายเท่าใด (บันทึกค่าที่ได้ในใบงานที่ 2 ตอนที่ 1 ข้อ 1.2)

$$\text{สูตรหา กำลังขยายของภาพ} = \frac{\text{ขนาดของภาพ}}{\text{ขนาดของวัตถุ}}$$

8. การหาขนาดของวัตถุจากเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ

8.1 จากสูตรการหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ (ขณะที่ศึกษา)

$$= \frac{\text{กำลังขยายของเลนส์ต่ำสุด} \times \text{เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพที่กำลังขยายต่ำสุด}}{\text{กำลังขยายของเลนส์}}$$

ถ้ากล้องจุลทรรศน์ที่ใช้มีกำลังขยายเป็น 40X 100X และ 400X เมื่อใช้ไม้บรรทัดใสวัดเส้นผ่านศูนย์กลางกำลังขยายต่ำ (40X) ได้ 4 mm (4,000 μm) อยากทราบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพเมื่อกำลังขยายเป็น 100X และ 400X เท่ากับเท่าใด (บันทึกค่าที่ได้ในใบงานที่ 2 ตอนที่ 1 ข้อ 1.3)

8.2 เมื่อนำสาหร่ายหางกระรอกไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพประมาณ 1.6 mm หรือ 1,600 μm ปรากฏว่าพบเซลล์ของสาหร่ายหางกระรอกเรียงต่อกัน 8 เซลล์ จงคำนวณหาความยาวของเซลล์สาหร่ายหางกระรอก 1 เซลล์ (บันทึกค่าที่ได้ในใบงานที่ 2 ตอนที่ 1 ข้อ 1.3)

ตอนที่ 2 การหาขนาดของวัตถุโดยละเอียด

วัตถุประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถ

1. ใช้ออคคิวลาร์ไมโครมิเตอร์และสเตจไมโครมิเตอร์ได้ถูกต้อง
2. หาขนาดของวัตถุโดยใช้ไมโครมิเตอร์

สื่อ – อุปกรณ์

1. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา
2. ออคคิวลาร์ไมโครมิเตอร์ หรือเลนส์ใกล้ตาที่มีออคคิวลาร์ไมโครมิเตอร์
3. สเตจไมโครมิเตอร์
4. สไลด์ถาวรพารามีเซียม
5. ใบงานที่ 2 (ตอนที่ 2)
6. ใบความรู้ที่ 2

วิธีการ

1. ถอดกระบอกเลนส์ใกล้ตาออกแล้วใส่ окуляр ไมโครมิเตอร์ลงไปโดยให้ด้านที่มีสเกลอยู่ด้านล่าง แล้วใส่กระบอกเลนส์ใกล้ตากลับที่เดิม หมายเหตุ สำหรับกล้องจุลทรรศน์ที่มี окуляр ไมโครมิเตอร์ติดอยู่กับกระบอกเลนส์ใกล้ตาอยู่แล้วไม่ต้องถอดออก
2. วางสเกลไมโครมิเตอร์บนแท่นวางวัตถุ เลื่อนให้ส่วนที่มีสเกลอยู่ตรงกลาง ปรับโดยใช้เลนส์ใกล้วัตถุ กำลังขยายต่ำ จนกระทั่งเห็นสเกลชัดเจน
3. หมุน окуляр ไมโครมิเตอร์ ให้สเกลของ окуляр ไมโครมิเตอร์ และสเกลไมโครมิเตอร์อยู่ในแนวขนานกัน
4. เลื่อนสเกลไมโครมิเตอร์ให้ขีดใดขีดหนึ่งของสเกลไมโครมิเตอร์ตรงกับขีดหนึ่งของ окуляр ไมโครมิเตอร์ แล้วสังเกตดูว่ามีขีดใดที่ตรงกันพอดีอีก นับจำนวนช่องในระหว่างขีดที่ตรงกัน บันทึกผล
5. คำนวณหาค่าความยาวแต่ละช่องของ окуляр ไมโครมิเตอร์ โดยใช้สูตร
 ความยาวแต่ละช่องของ окуляр ไมโครมิเตอร์ = $10 \times (B/A)$ ไมโครเมตร
 เมื่อ A = จำนวนช่องของ окуляр ไมโครมิเตอร์ที่อยู่ในระหว่างขีดที่ตรงกัน
 B = จำนวนช่องของสเกลไมโครมิเตอร์ที่อยู่ในระหว่างขีดที่ตรงกัน
6. เปลี่ยนใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 40X แล้วหาค่าความยาวในแต่ละช่องของ окуляр ไมโครมิเตอร์ โดยวิธีการเช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้วข้างต้น
7. นำสไลด์ถาวรพารามีเซียมวางแทนที่สเกลไมโครมิเตอร์ แล้วใช้อุคคิวลาร์ไมโครมิเตอร์วัดขนาดของพารามีเซียมตอบคำถามลงในใบงานที่ 2 (ตอนที่ 2)



ใบกิจกรรมที่ 3

เรื่อง การใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดาสร้างภาพแบบพื้นมืดและภาพสามมิติ

วัตถุประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถ

สร้างภาพแบบพื้นมืดและภาพสามมิติ ภายใต้อุปกรณ์กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดาได้

สื่อ – อุปกรณ์

1. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา
2. สติ๊กเกอร์หรือกระดาษสีดำ หรือเหรียญบาท
3. กรรไกร เทปกาว 2 หน้า
4. สไลด์ และกระจกปิดสไลด์
5. หลอดหยด เข็มเขี่ย
6. กระดาษเยื่อ
7. พารามีเซียมที่ยังมีชีวิต
8. ใบงานที่ 3

วิธีการ

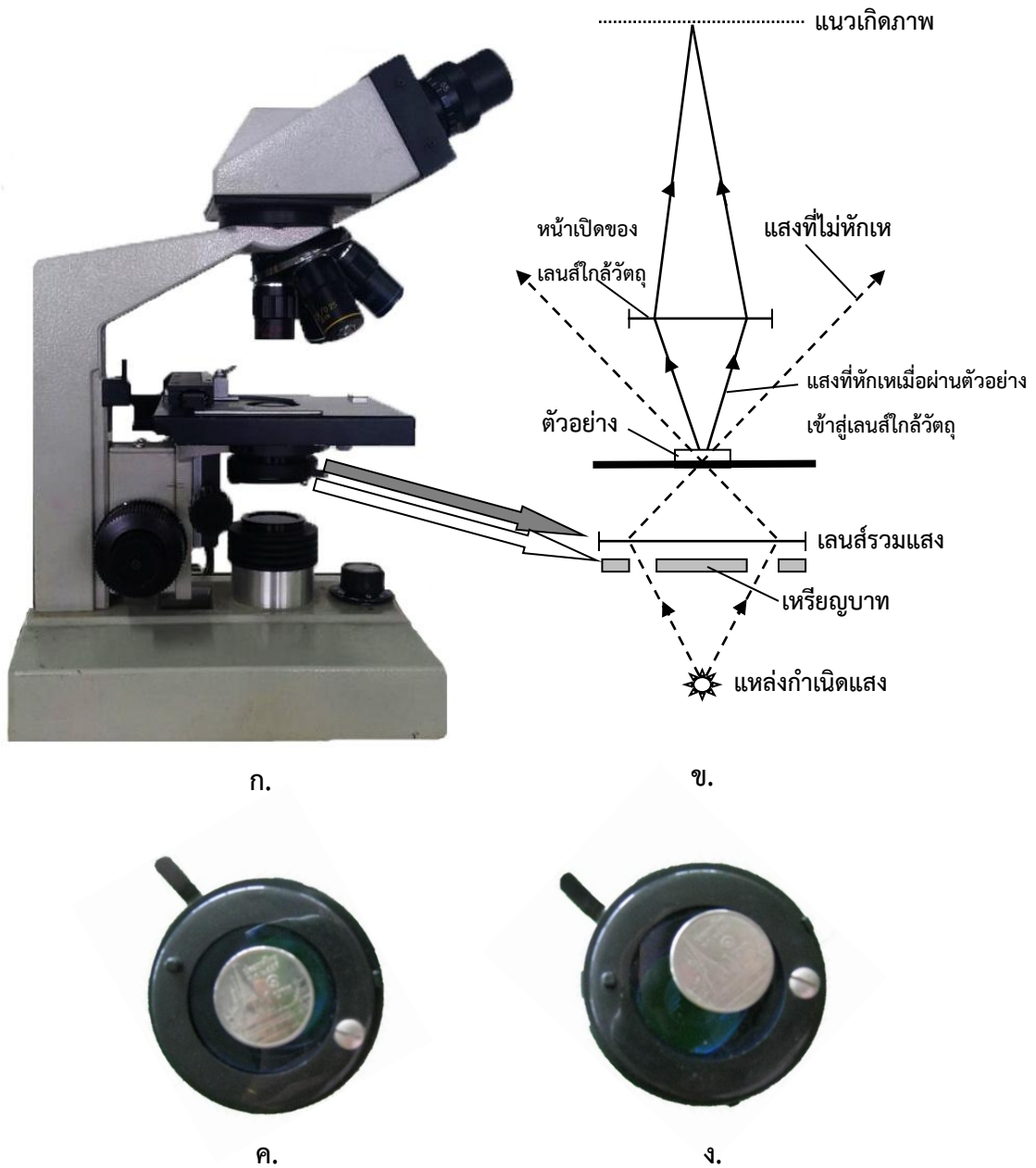
ตอนที่ 1 สร้างภาพแบบพื้นมืด (dark field image)

- 1.1 ตัดสติ๊กเกอร์หรือกระดาษสีดำ ให้เป็นวงกลมขนาดเท่าเหรียญบาท
- 1.2 เตรียมพารามีเซียม เพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์
- 1.3 ถอดกระจกกรองแสงที่อยู่ใต้เลนส์รวมแสงจากกล้องจุลทรรศน์ออกมา ติดด้วยสติ๊กเกอร์สีดำ กระดาษสีดำ หรือเหรียญบาท ที่บริเวณตรงกลาง ดังภาพที่ 1 ค. แล้วใส่กระจกกรองแสงเข้าไปในกล้องตามเดิม
- 1.4 เปิดไดอะแฟรมให้กว้างสุด นำสไลด์สดพารามีเซียมมาส่องดูด้วยเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 4X จะเห็นส่วนตรงกลางมืดบริเวณโดยรอบสว่าง ถ้าเห็นมืดเกินไปควรเพิ่มแสงให้มากขึ้น
- 1.5 เปลี่ยนเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายสูงขึ้นเป็น 10X และ 40X สังเกตโครงสร้างภายในเซลล์พารามีเซียมที่เห็นว่าเปล่งแสงดังภาพที่ 2 ก. บันทึกผลลงในใบงานที่ 3

ตอนที่ 2 สร้างภาพแบบสามมิติ (three dimension image)

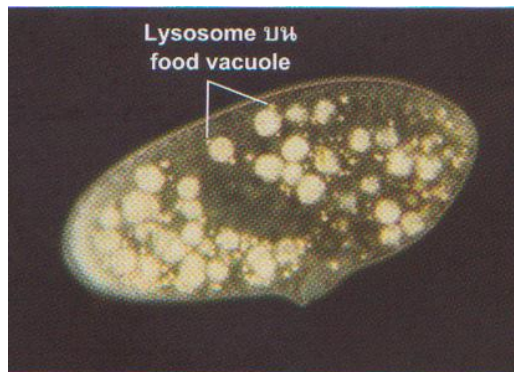
- 2.1 ถอดกระจกกรองแสงซึ่งติดสติ๊กเกอร์จากข้อ 1.3 ไขว้ออกมา ดึงสติ๊กเกอร์ออกแล้วติดใหม่ให้ห่างจากขอบกระจกด้านใดด้านหนึ่งประมาณ 2 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 1 ง. แล้วใส่กลับเข้าไปในกล้องตามเดิม นำไปส่องดูพารามีเซียมตัวเดิมด้วยเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 4X สังเกตลักษณะภาพที่เกิดขึ้น
- 2.2 เปลี่ยนเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายสูงขึ้นเป็น 10X และ 40X ตรวจดูโครงสร้างที่เห็นเป็นภาพสามมิติ ดังภาพที่ 2 ข. บันทึกผลลงในใบงานที่ 3



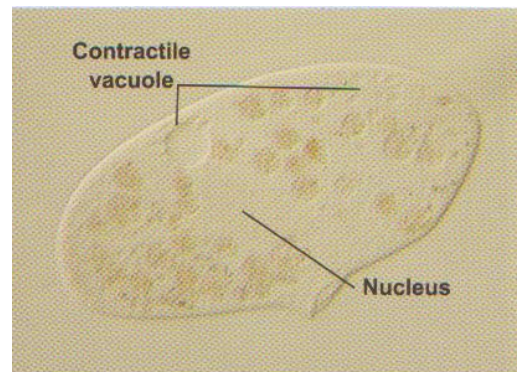


ภาพที่ 1 การสร้างภาพพื้นมิติและภาพสามมิติ

- ก. ภาพกล้องจุลทรรศน์แสดงตำแหน่งของกระจกกรองแสงที่อยู่ใต้เลนส์รวมแสง
- ข. แผนภาพเส้นทางเดินของแสงผ่านวัตถุ เส้นประแสดงทางเดินของแสงรอบเหยี่ยวบาทตามปกติไม่ผ่านเข้าสู่เลนส์ใกล้วัตถุ เฉพาะแสงที่ผ่านตัวอย่างที่มีดัชนีหักเหสูงกว่านั้นมีการหักเหเข้าสู่เลนส์ใกล้วัตถุ (เส้นทึบ)
- ค. เมื่อวางเหยี่ยวตรงกลางของกระจกกรองแสงจะได้ภาพพื้นมิติ
- ง. เมื่อวางเหยี่ยวห่างจากขอบของกระจกกรองแสง 2 มิลลิเมตร จะเกิดภาพและเงาแบบสามมิติ



ก.



ข.

ภาพที่ 2 Paramecium แสดงโครงสร้างต่าง ๆ โดยการใช้เทคนิคต่างกัน

ก. ภาพพื้นมืด (dark field)

ข. ภาพสามมิติ (three dimensions)

ใบกิจกรรมที่ 4

เรื่อง โครงสร้างของเซลล์และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

วัตถุประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถ

มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเซลล์และโครงสร้างของเซลล์ ส่วนประกอบและหลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

สื่อ – อุปกรณ์

1. ใบความรู้ที่ 3 เรื่อง กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน
2. ใบความรู้ที่ 4 เรื่อง เซลล์และโครงสร้างของเซลล์
3. ภาพโครงสร้างของเซลล์ที่ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านและแบบส่องกราด
4. ใบงานที่ 4

วิธีการ

1. วิทยากรมอบหมายให้ผู้เข้ารับการอบรมอ่านใบความรู้ที่ 3 เรื่อง กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนก่อน จากนั้นจึงอ่านใบความรู้ที่ 4 เรื่อง เซลล์และโครงสร้างของเซลล์ เพราะจะทำให้มีความเข้าใจที่ดีขึ้นว่า โครงสร้างของเซลล์ส่วนใหญ่ที่มองเห็นจำเป็นต้องศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนซึ่งกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดาไม่สามารถมองเห็นรายละเอียดได้

2. วิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ โดยใช้คำถามเพื่อนำเข้าสู่การอภิปราย ดังนี้

- หลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแตกต่างจากกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดาและแบบสเตอริโออย่างไร
- ข้อดีของการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนในการศึกษาโครงสร้างของเซลล์มีอะไรบ้าง

3. วิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมทำใบงานที่ 4

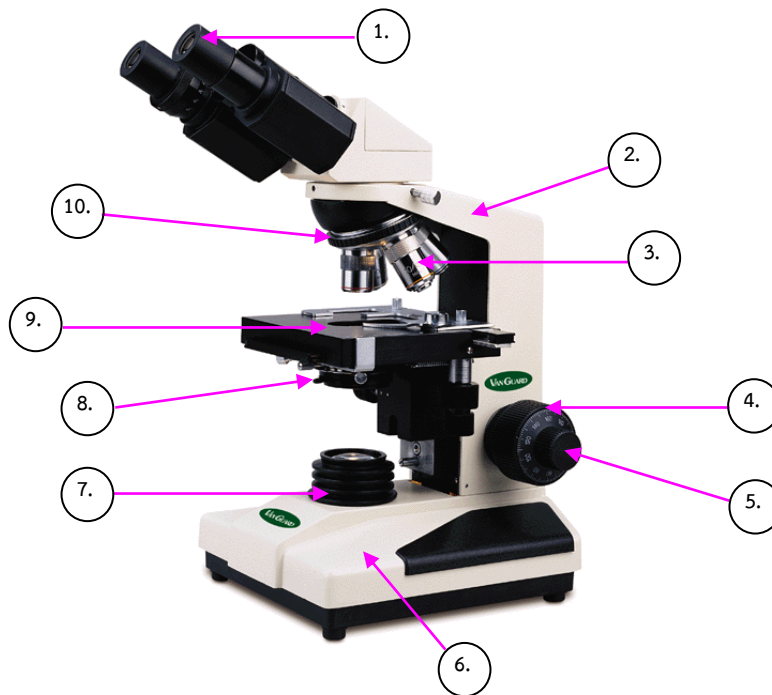


ใบงานที่ 1

เรื่อง กล้องจุลทรรศน์ วิธีการใช้และเก็บรักษา

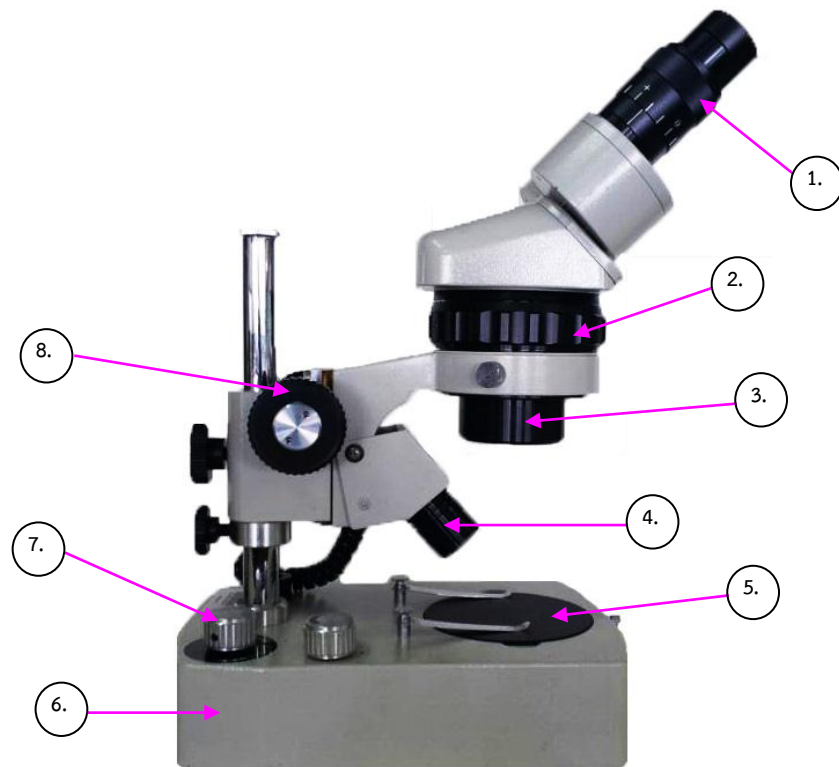
ตอนที่ 1 ส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์

1. เติมชื่อส่วนประกอบต่าง ๆ ของกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดาลงในช่องที่กำหนดให้ โดยใช้ศัพท์ภาษาอังกฤษ และระบุหน้าที่ของส่วนประกอบนั้นลงในตารางให้ถูกต้อง



หมายเลข	ส่วนประกอบ	หน้าที่
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

2. เติมชื่อส่วนประกอบต่าง ๆ ของกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอลงในช่องที่กำหนดให้ โดยใช้ศัพท์ภาษาอังกฤษ และระบุหน้าที่ของส่วนประกอบนั้นลงในตารางให้ถูกต้อง



หมายเลข	ส่วนประกอบ	หน้าที่
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

ตอนที่ 2 ปฏิบัติการใช้กล้องจุลทรรศน์

2.1 กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา

1) ถ้าต้องการให้ภาพที่อยู่มุมบนด้านซ้ายของจอภาพ มาอยู่ตรงกลางจอภาพ ท่านจะต้องเลื่อนอะไร และเลื่อนอย่างไร

.....

.....

.....

2) ถ้าวัตถุที่นำมาศึกษามีความบางและใสมาก เมื่อต้องการให้เห็นวัตถุชัดเจนขึ้น จะต้องปรับส่วนประกอบใดของกล้องจุลทรรศน์ และปรับอย่างไร

.....

.....

.....

3) ถ้านำตัวอักษร “ก” มาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา ให้เขียนภาพที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และภาพที่ได้เป็นภาพชนิดใด

.....

.....

.....

4) สิ่งมีชีวิตที่เห็นจากน้ำตัวอย่างที่ศึกษานี้ มีรูปร่างลักษณะอย่างไร เคลื่อนที่โดยอาศัยโครงสร้างใด และใช้เลนส์ใดลวตดูกำลังขยายเท่าใด วาดภาพประกอบ อย่างน้อย 2 ตัวอย่าง

.....

.....

.....

5) เพราะเหตุใดเมื่อใช้เลนส์ไกลวตดูกำลังขยาย 100X จึงต้องหยดน้ำมันลงไปบนกระจกปิดสไลด์ที่มีตัวอย่างที่กำลังศึกษาอยู่ และหมุนเลนส์ตะกับน้ำมันที่หยด จึงจะเห็นภาพได้ชัดเจน

.....

.....

.....

2.2 กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ

วาดภาพแมลงหรืออวัยวะของแมลงที่ท่านเห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พร้อมทั้งระบุชื่อแมลงหรืออวัยวะของแมลงที่นำมาศึกษา (วิทยากรต้องตรวจดูและให้คะแนนเป็นรายบุคคล)

ตอนที่ 3 การดูแลและเก็บรักษากล้อง

1) ถ้าเลนส์ใกล้วัตถุที่ศึกษามีน้ำเปื้อนอยู่ท่านจะมีวิธีปฏิบัติอย่างไร

.....

.....

.....

2) ก่อนเก็บกล้องจุลทรรศน์ควรหมุนเลนส์ใกล้วัตถุ และปรับแท่นวางวัตถุอย่างไร

.....

.....

.....



ใบงานที่ 2

เรื่อง การคำนวณหากล้องขยายของภาพและขนาดของวัตถุภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ตอนที่ 1 การหาขนาดของวัตถุโดยประมาณ

1.1 ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

กล้องขยายของเลนส์ ใกล้ตา	กล้องขยายของเลนส์ ใกล้วัตถุ	กล้องขยายของกล้อง จุลทรรศน์	เส้นผ่านศูนย์กลาง ของจอภาพ (mm)

1.2 การหาขนาดของวัตถุจากกล้องขยายของภาพ

- ภาพพารามีเซียมมีความยาวเพิ่มขึ้น.....เท่า
- ภาพพารามีเซียมมีความยาว..... เซนติเมตร
- กล้องขยายของกล้องเท่ากับ.....

1.3 การหาขนาดของวัตถุจากเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ

- เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ เมื่อกล้องขยายเป็น 100X เท่ากับ.....
- เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ เมื่อกล้องขยายเป็น 400X เท่ากับ.....
- ความยาวของเซลล์สาหร่ายหางกระรอก 1 เซลล์เท่ากับ.....มิลลิเมตร

ตอนที่ 2 การหาขนาดของวัตถุโดยละเอียด

2.1 เพราะเหตุใดจึงต้องเทียบค่าของออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์ใหม่ เมื่อเปลี่ยนกล้องขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ และเมื่อเปลี่ยนไปใช้กล้องจุลทรรศน์กล้องอื่น

.....

.....

.....

2.2 ถ้าใช้เลนส์ใกล้วัตถุกล้องขยายสูง (40X) แล้วพบว่า 28 ช่องของออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์มีค่าเท่ากับ 10 ช่องของสเกลไมโครมิเตอร์ ดังนั้นแต่ละช่องของออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์จะมีความยาวเท่าใด

.....

.....

.....



2.3 คำนวณค่าความยาวแต่ละช่องของออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์ เมื่อใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่างกัน และขนาดของวัตถุที่วัดได้ (แสดงวิธีคำนวณด้วย)

.....

.....

.....

2.4 พารามิเตอร์ที่ท่านเห็นในสไลด์ถาวรมีความยาวเท่ากับกี่ไมโครเมตร

.....

.....

.....

ใบงานที่ 3

เรื่อง การใช้กล้องจุลทรรศน์สร้างภาพแบบพื้นมีด และภาพสามมิติ

ตอนที่ 1 สร้างภาพแบบพื้นมีด

1.1 เมื่อเปลี่ยนเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายเป็น 40X โครงสร้างของเซลล์พารามีเซียมที่เห็นมีอะไรบ้าง แตกต่างจากการไม่ทำพื้นมีดอย่างไร

.....

.....

.....

1.2 การสร้างภาพแบบพื้นมีดนี้ มีข้อดีหรือประโยชน์อย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 สร้างภาพแบบสามมิติ

2.1 ภาพพารามีเซียมเมื่อศึกษาด้วยเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 4X เป็นอย่างไร

2.2 เมื่อเปลี่ยนเลนส์ใกล้วัตถุเป็นกำลังขยาย 10X และ 40X ภาพโครงสร้างพารามีเซียมที่เห็นมีลักษณะเป็นอย่างไร

กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ	ภาพโครงสร้างของพารามีเซียมที่ปรากฏ
10X	
40X	

2.3 การสร้างภาพแบบสามมิติ มีข้อดีหรือประโยชน์อย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

2.4 เปรียบเทียบลักษณะของภาพที่เกิดจากกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา และเทคนิคการสร้างภาพแบบพื้นมืด และภาพสามมิติ

	ลักษณะของภาพพารามีเซียม
ภาพจากกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงธรรมดา	
ภาพแบบพื้นมืด	
ภาพแบบสามมิติ	

ใบงานที่ 4

เรื่อง โครงสร้างของเซลล์และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

1. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

จงเติมคำหรือข้อความลงในช่องว่างต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

หัวข้อ	LM	TEM
1. การมีชีวิตของตัวอย่าง		
2. แหล่งกำเนิดความสว่าง		
3. ชุดเลนส์		
4. การเกิดภาพ		
5. ความแยกชัด		
6. กำลังขยายสูงสุดประมาณ		
7. ระบบสุญญากาศ		
8. ความหนาของตัวอย่าง		
9. การย้อมตัวอย่าง		
10. การเตรียมตัวอย่าง เวลาที่ใช้ ทักษะ ค่าใช้จ่าย		
11. มิติของภาพที่ได้		

2. เซลล์และโครงสร้างของเซลล์

2.1 จงเติมคำหรือข้อความลงในช่องว่างต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

โครงสร้าง	หน้าที่
1. ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ Cell wall	
Cell coat (glycocalyx)	
Cell membrane	
2. Organelle ในไซโทพลาซึม RER	
SER	
Ribosome	
Golgi complex	
Lysosome	
Vacuole	
Mitochondria	
Chloroplast	
Centriole	



โครงสร้าง	หน้าที่
Cytoskeleton	
Microfilament	
Intermediate filament	
Microtubule	
Peroxisome	
Secretory granule	
3. Nucleus	
Nuclear membrane	
Nucleolus	
Chromatin	

2.2 จงตอบคำถามต่อไปนี้

1) ในกรณีที่เซลล์ต้องการสร้างฮอร์โมนที่เป็นโปรตีนที่หลั่งออกนอกเซลล์ มีออร์แกเนลล์ใดที่เกี่ยวข้องบ้าง จงอธิบาย

.....

.....

.....

2) ในการที่เซลล์จะสร้างเซลล์ใหม่โดยการแบ่งเซลล์มีออร์แกเนลล์ใดเข้ามาเกี่ยวข้องบ้าง
จงอธิบาย

.....

.....

.....

3) ออร์แกเนลล์ใดบ้างที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการสร้างพลังงานของสิ่งมีชีวิต จงอธิบาย

.....

.....

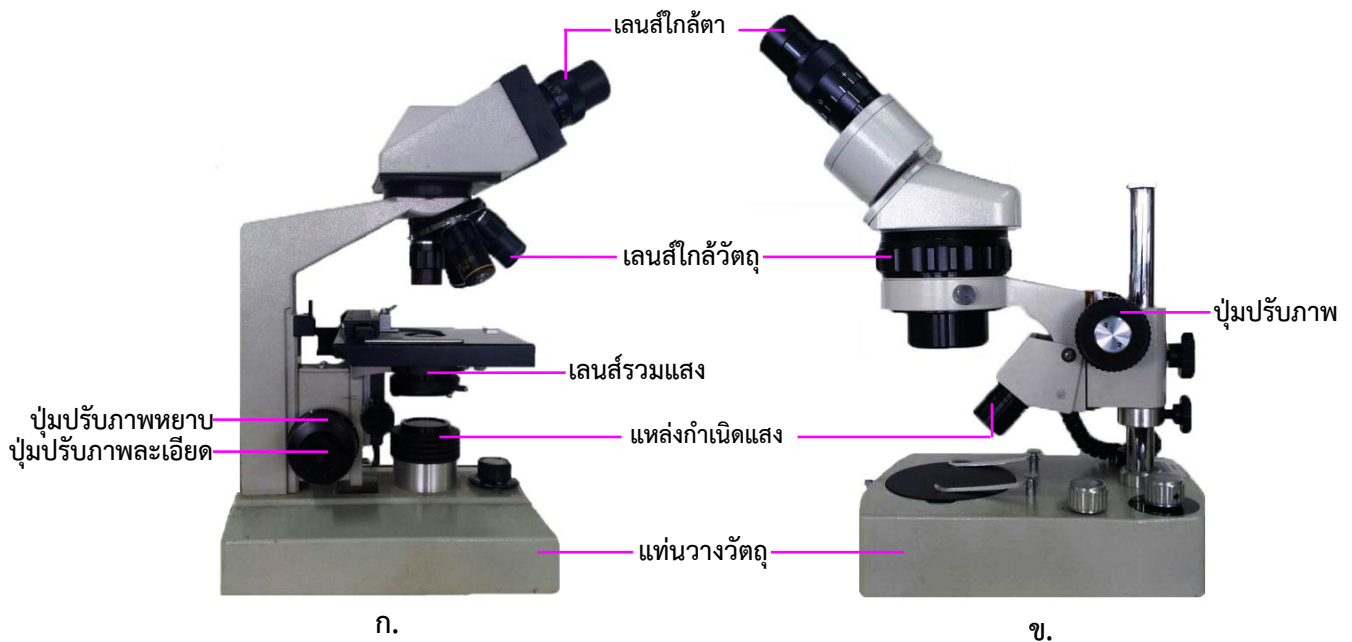
.....



ใบความรู้ที่ 1

เรื่อง กล้องจุลทรรศน์ วิธีการใช้และเก็บรักษา

กล้องจุลทรรศน์ที่ใช้ศึกษาในห้องปฏิบัติการนี้เป็นกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดาและแบบสเตอริโอ ซึ่งมีเลนส์ใกล้ตา 2 อัน ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ก. ส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา

ข. ส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ

1. ส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์และหลักการทำงาน

1.1 โครงสร้างหลักของกล้องจุลทรรศน์ ประกอบด้วย

- ฐาน (base) ส่วนล่างสุดของกล้อง ทำหน้าที่รองรับส่วนประกอบอื่น ๆ ทั้งหมด มักมีแหล่งกำเนิดแสงติดอยู่
- แขน (arm) ใช้เป็นที่จับเพื่อยก หรือเคลื่อนย้ายกล้อง ด้านล่างอยู่ติดกับฐาน ด้านบนติดกับส่วนขยายภาพ
- แท่นวางวัตถุ (stage) เป็นแท่นรองรับวัตถุหรือสไลด์ ตรงกลางของแท่นนี้มีช่องให้แสงผ่าน ซึ่งอาจมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จับสไลด์ให้เคลื่อนไปมาได้ตามตำแหน่งที่ต้องการศึกษา และมีสเกลบอกตำแหน่งของวัตถุที่ศึกษาทั้งแนวแกนนอนและแนวแกนตั้ง แท่นวางวัตถุที่มีอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ เรียกว่า เมคานิคอลสเตจ (mechanical stage)

1.2 ระบบแสง ทำหน้าที่ควบคุมทิศทางหรือความเข้มของแสง และช่วยให้เกิดภาพได้ โครงสร้างของระบบนี้อยู่ใต้แท่นวางวัตถุ บางชนิดใช้กระจกเงา 2 ด้าน (ปัจจุบันนี้อาจไม่ใช้กันแล้ว) บางชนิดใช้หลอดไฟแสงที่ใช้เป็นแสงขาว (white light) ที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ (visible light) มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 400 – 700 นาโนเมตร ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อสายตา ระบบแสงประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- กระจกเงา (mirror) หรือหลอดไฟสำหรับกล้องจุลทรรศน์ (microscopic lamp) กระจกเงาที่ใช้กับกล้องจุลทรรศน์มี 2 ด้าน คือ ด้านเรียบ และด้านเว้า ทำหน้าที่รับและสะท้อนแสงจากแหล่งกำเนิดแสงให้เข้าเลนส์รวมแสง กระจกเงาด้านเว้าสะท้อนแสงได้ดีกว่ากระจกเงาด้านเรียบ ดังนั้นถ้ามีแสงสว่างน้อยควรใช้กระจกเงาด้านเว้ารับแสง เช่น การใช้แสงจากดวงอาทิตย์ซึ่งอยู่ไกล แต่ถ้าใช้แสงจากโคมไฟซึ่งอยู่ใกล้และมีความสว่างมากจะใช้กระจกเงาด้านเรียบรับแสง สำหรับกล้องจุลทรรศน์ ในปัจจุบันนิยมใช้หลอดไฟสำหรับกล้องจุลทรรศน์ทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดแสงให้เข้าสู่เลนส์รวมแสงโดยตรงแทนการใช้กระจกเงาซึ่งจะมีสวิตช์ปิดเปิดและมีปุ่มปรับปริมาณแสงมากน้อยได้

- เลนส์รวมแสง (condenser) เป็นชุดหรือกลุ่มของเลนส์ซึ่งอยู่ใต้แท่นวางวัตถุ ทำหน้าที่รวมแสงที่สะท้อนจากกระจกเงาหรือจากหลอดไฟสำหรับกล้องจุลทรรศน์ให้มีความเข้มและสว่างมาก ผ่านวัตถุเข้าสู่กล้องและมีปุ่มสำหรับปรับเลนส์รวมแสง (condenser adjustment knob) ซึ่งสามารถปรับขึ้นและลงเพื่อรวมแสงให้เข้าสู่กล้องได้มากหรือน้อยตามต้องการ

- ไดอะแฟรม (diaphragm) ทำหน้าที่ปรับขนาดช่องที่ให้แสงผ่าน เพื่อให้แสงจากเลนส์รวมแสงผ่านไปสู่วัตถุได้มากน้อยตามต้องการ

- แผ่นกรองแสง (filter) ทำหน้าที่กรองแสง จากแหล่งกำเนิดแสงเพื่อให้ได้แสงที่เหมือนแสงธรรมชาติ

1.3 ส่วนขยายภาพ เป็นส่วนที่ช่วยให้เกิดภาพขยายใหญ่มากหรือน้อยตามต้องการมีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

- แบนที่เลนส์ใกล้วัตถุติดอยู่ (revolving nosepiece) เป็นแป้นโลหะกลมที่หมุนได้รอบ มีเลนส์ใกล้วัตถุติดอยู่ด้านล่าง ทำหน้าที่หมุนเปลี่ยนกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุตามต้องการ

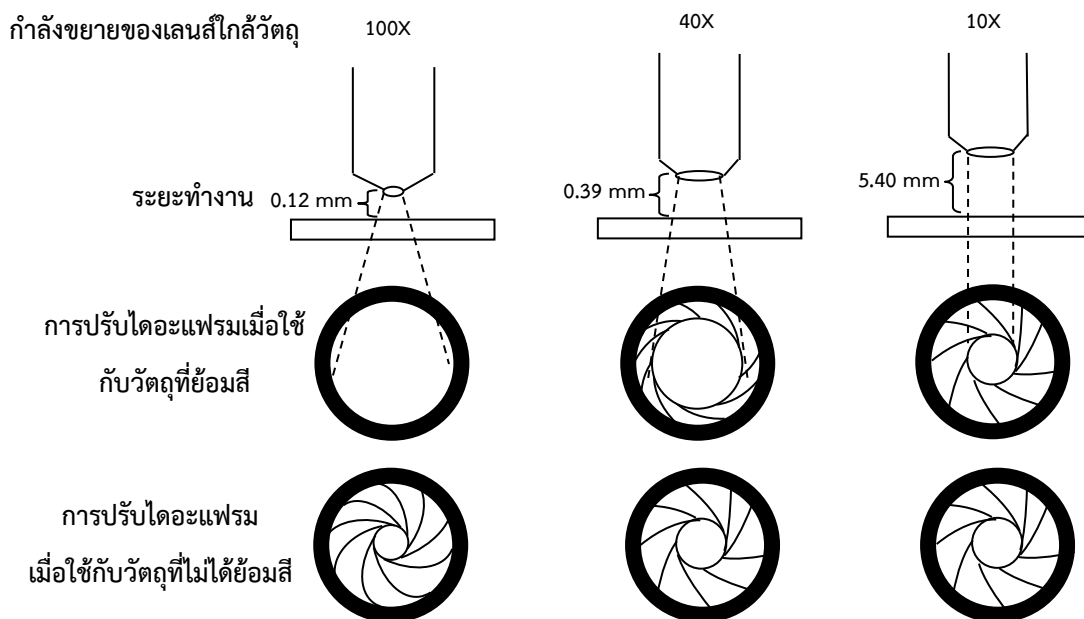
- เลนส์ใกล้วัตถุ (objective lens) เป็นชุดของเลนส์ที่อยู่ใกล้วัตถุทำหน้าที่ขยายภาพของวัตถุได้เป็นภาพจริงหัวกลับอยู่ระหว่างเลนส์ใกล้วัตถุกับเลนส์ใกล้ตา กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดาโดยทั่วไปจะมีเลนส์ใกล้วัตถุ 4 ขนาด คือ เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่ำ (low power objective) มีกำลังขยาย 4 เท่า (4X) และ 10 เท่า (10X) เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายสูง (high power objective) มีกำลังขยาย 40 เท่า (40X) และเลนส์ใกล้วัตถุที่ต้องใช้น้ำมัน (oil immersion objective) มีกำลังขยาย 100 เท่า (100X)

ในการใช้กล้องจุลทรรศน์ ถ้าตัวกลางระหว่างเลนส์ใกล้วัตถุและวัตถุบนสไลด์เป็นอากาศ แสงที่ผ่านจากสไลด์ออกสู่อากาศซึ่งเป็นตัวกลางที่ต่างกันจะหักเหออกไป ในกรณีที่ใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่ำ ช่องเปิดรับแสงของเลนส์ใกล้วัตถุจะมีขนาดใหญ่ แสงที่หักเหยังสามารถผ่านเข้าสู่เลนส์ได้ จึงมองเห็นภาพ แต่ในกรณีที่ใช้เลนส์กำลังขยาย 100 เท่า ช่องเปิดให้แสงเข้าสู่เลนส์ใกล้วัตถุมีขนาดเล็กจึงรับแสงได้น้อย



แสงจะหักเหออกไปเกือบหมด จึงต้องใช้น้ำมันซึ่งมีค่าดัชนีหักเหของแสงสูงกว่าอากาศ มาเป็นตัวกลางเชื่อมระหว่างสไลด์กับเลนส์ใกล้วัตถุ ทำให้การหักเหของแสงจากวัตถุเข้าสู่เลนส์ใกล้วัตถุมากขึ้น

สำหรับระยะทำงานของเลนส์ใกล้วัตถุซึ่งเป็นระยะระหว่างเลนส์ใกล้วัตถุกับวัตถุบนสไลด์หลังจากปรับโฟกัสจนเห็นภาพชัดเจนแล้ว จะแตกต่างกันไปตามกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุคือเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยายต่ำจะมีระยะทำงานห่างมากกว่าเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายสูงดังแสดงในภาพที่ 2 ดังนั้นเมื่อใช้เลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยายสูง ๆ จึงต้องระมัดระวังอย่าให้เลนส์กระทบกับกระจกสไลด์จนแตก ซึ่งอาจทำให้เกิดรอยขีดข่วนบนเลนส์ใกล้วัตถุได้



ภาพที่ 2 แสดงระยะทำงานและการปรับไดอะแฟรมเมื่อใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่าง ๆ กัน

นอกจากนี้เลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยายแตกต่างกัน ก็จะมีประสิทธิภาพในการตรวจดูรายละเอียดของวัตถุได้ต่างกันอีกด้วย ค่าตัวเลขที่แสดงประสิทธิภาพของเลนส์ใกล้วัตถุในการตรวจดูรายละเอียดของวัตถุเรียกว่า N.A. (numerical aperture) ถ้า N.A. มีค่ามาก แสดงว่าเลนส์ใกล้วัตถุมีประสิทธิภาพสูงในการตรวจดูรายละเอียดของวัตถุ บนเลนส์ใกล้วัตถุแต่ละอันจะมีตัวเลขบอกค่ากำลังขยายและ N.A. ดังนี้ 4/0.1, 10/0.25, 40/0.65 และ 100/1.25 จะเห็นว่าเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่ำมีค่า N.A. น้อยกว่าเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายสูง เพราะฉะนั้นเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่ำจึงศึกษารายละเอียดของวัตถุได้น้อยกว่าเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายสูง

- เลนส์ใกล้ตา (eyepiece or ocular lens) เป็นชุดของเลนส์ที่อยู่ใกล้ตา สวมที่ปลายด้านบนของลำกล้อง (body tube) โดยทั่วไปมีกำลังขยาย 10 – 25 เท่า สามารถเลือกใช้ได้ตามที่ต้องการโดยการถอดขนาดที่ไม่ต้องการออกแล้วนำขนาดที่ต้องการมาสวมลงด้านบนของลำกล้อง ทำหน้าที่ขยายภาพจาก

เลนส์ใกล้วัตถุให้มีขนาดใหญ่ขึ้นอีก ดังนั้นกำลังขยายทั้งหมดของกล้อง (total magnification) จึงมีค่าเท่ากับผลคูณของกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุและเลนส์ใกล้ตาและภาพที่เห็นจากกล้องจะเป็นภาพเสมือนหัวกลับ กลับซ้ายเป็นขวาและมีขนาดใหญ่กว่าวัตถุ

1.4 ส่วนที่ปรับภาพ เป็นส่วนที่ใช้ปรับระยะระหว่างวัตถุกับเลนส์ใกล้วัตถุเพื่อให้เกิดภาพชัดเจนซึ่งระยะที่ทำให้เห็นภาพชัดเจนที่สุดเรียกว่า ระยะทำงานของกล้องหรือระยะโฟกัสของกล้อง ซึ่งส่วนที่ปรับภาพประกอบด้วยปุ่มปรับภาพ 2 ชนิด คือ

- ปุ่มปรับภาพหยาบ (coarse adjustment knob) เป็นปุ่มที่ใช้เลื่อนแท่นวางวัตถุขึ้นลงได้ เพื่อปรับให้เห็นภาพได้อย่างหยาบ ๆ มักใช้ปรับระยะระหว่างวัตถุกับเลนส์ใกล้วัตถุชนิดกำลังขยายต่ำ
- ปุ่มปรับภาพละเอียด (fine adjustment knob) เป็นปุ่มที่ใช้ปรับภาพให้เห็นได้ชัดเจนมากขึ้น ใช้หลังจากปรับด้วยปุ่มปรับภาพหยาบจนมองเห็นภาพแล้ว หรือใช้ปรับระยะระหว่างวัตถุกับเลนส์ใกล้วัตถุชนิดกำลังขยายสูง

2. วิธีใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง

2.1 กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา

1) การเคลื่อนย้ายกล้องจุลทรรศน์ ทำโดยใช้มือข้างหนึ่งจับที่แขนกล้อง มืออีกข้างหนึ่งรองใต้ฐานกล้อง รักษาระดับให้กล้องอยู่ในสภาพตั้งตรงตลอดการเคลื่อนย้าย เพื่อป้องกันการลื่นหลุดของเลนส์ใกล้ตา ไม่เคลื่อนย้ายกล้องจุลทรรศน์โดยการลากไปบนพื้นโต๊ะ แรงกระเทือนอาจมีผลต่อระบบเลนส์ได้ วางกล้องจุลทรรศน์ให้ห่างจากขอบโต๊ะปฏิบัติการพอสมควรที่จะทำงานได้สะดวก

2) ก่อนเริ่มใช้กล้องจุลทรรศน์ ให้ตรวจสอบกล้องจุลทรรศน์ดังต่อไปนี้

- สายไฟถูกพับเก็บ หรือ พันอยู่กับฐานของกล้อง
- สวิตช์เปิดปิดหลอดไฟที่ฐานอยู่ในตำแหน่ง “ปิด”
- สวิตช์เพิ่มความเข้มของแสงอยู่ที่ตำแหน่งต่ำสุด ในกรณีที่เป็กล้องจุลทรรศน์แบบใช้กระจกเงา กระจกต้องปรับอยู่ในแนวตั้งฉากเพื่อลดการเกาะของฝุ่นในอากาศ
- แท่นวางวัตถุถูกเลื่อนอยู่ในตำแหน่งต่ำสุด ในกรณีที่แท่นวางวัตถุมีตัวเลื่อนสไลด์ต้องปรับตำแหน่งให้แกนของตัวเลื่อนสไลด์ยื่นออกมาจากแท่นวางวัตถุให้น้อยที่สุด
- เลนส์รวมแสงถูกเลื่อนอยู่ในตำแหน่งต่ำสุด
- เลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยายต่ำสุดอยู่ในแนวเดียวกับเลนส์รวมแสง ในกรณีที่กล้องมีเลนส์ใกล้วัตถุติดอยู่กับแป้นหมุนเลนส์ไม่ครบ ตำแหน่งที่ไม่มีเลนส์ใกล้วัตถุติดอยู่ต้องอยู่ในแนวเดียวกับเลนส์รวมแสง
- หากเป็นกล้องจุลทรรศน์ที่สามารถปรับระยะห่างระหว่างตาและปรับแก้สายตาเอียงได้ ต้องเลื่อนเลนส์ใกล้ตาให้เข้ามาใกล้กันมากที่สุด และหมุนให้ตัวปรับแก้สายตาเอียงอยู่ในตำแหน่ง “0”



3) การใช้กล้องจุลทรรศน์ในการส่องดูวัตถุที่อยู่นิ่ง

- คลี่สายไฟออก นำไปเสียบกับแหล่งจ่ายไฟ
- เปิดกดสวิตช์กล้องจุลทรรศน์ปิดเปิดหลอดไฟที่ฐานไปยังตำแหน่ง “เปิด”
- ใช้มือหมุนแป้นหมุนที่เลนส์ใกล้วัตถุติดอยู่ ในการเปลี่ยนกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ ให้เลนส์ที่มีกำลังขยายต่ำสุดอยู่ตรงกับแนวลำกล้องในแนวแสงที่ส่องขึ้นมาจากฐาน เมื่อเลนส์ใกล้วัตถุเลื่อนไปยังตำแหน่งที่ถูกต้อง จะมีเสียงคลิกเบา ๆ
- ปรับความเข้มของแสงให้อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลาง โดยหมุนปุ่มปรับความเข้มของแสง ในกรณีที่เป็นกล้องจุลทรรศน์ที่มีกระจกเงาให้ปรับกระจกเงาด้านเว้าหันออกรับแสงจากธรรมชาติหรือปรับกระจกเงาด้านเรียบออกรับแสงจากโคมไฟ เพื่อให้แสงผ่านช่องที่อยู่บนแท่นวางวัตถุขึ้นไปยังเลนส์ใกล้วัตถุ แล้วมองผ่านเลนส์ใกล้ตาเพื่อตรวจสอบดูว่าแสงผ่านเข้ากล้องหรือไม่
- การมองผ่านเลนส์ใกล้ตาให้มองโดยการลืมหันทั้งสองข้าง โดยปรับระยะห่างระหว่างตาจนภาพที่เห็นซ้อนกันเป็นภาพเดียว สำหรับกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้มีเลนส์ใกล้ตาเพียงอันเดียว ก็ต้องมองด้วยตาสองข้างเช่นเดียวกัน
- วางแผ่นสไลด์ที่ต้องการศึกษาบนแท่นวางวัตถุยึดแผ่นสไลด์เข้ากับที่จับของตัวเลื่อนสไลด์ ลองเลื่อนสไลด์ไปมาเพื่อศึกษาวิธีการบังคับสไลด์ให้เลื่อนไปทางซ้าย – ขวา และเข้าหาตัว – ออกจากตัว เลื่อนสไลด์ให้บริเวณที่ต้องการศึกษาไปอยู่ตรงกลางช่องของแท่นวางวัตถุที่แสงผ่านขึ้นมาจากด้านล่าง สำหรับกล้องจุลทรรศน์ที่มีเลนส์ใกล้ตาเพียงอันเดียวจะมีที่ยึดสไลด์เป็นตัวหนีบสองอัน โดยวางสไลด์ให้บริเวณที่จะศึกษาอยู่บริเวณกึ่งกลางแล้วจึงใช้ตัวหนีบ หนีบสไลด์ให้อยู่กับที่
- หมุนปุ่มปรับภาพหยาบ จนสไลด์ใกล้กับเลนส์ใกล้วัตถุมากที่สุด แต่ไม่ชนกับเลนส์ใกล้วัตถุ ขณะหมุนปุ่มปรับภาพหยาบต้องคอยสังเกตระยะห่างระหว่างสไลด์กับเลนส์ใกล้วัตถุตลอดเวลา
- เลื่อนเลนส์รวมแสงให้สูงที่สุด แต่ไม่ให้ชนกับสไลด์ที่วางอยู่บนแท่นวางวัตถุ เปิดไดอะแฟรมให้กว้างที่สุด สังเกตการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเปิด – ปิดไดอะแฟรมโดยมองผ่านเลนส์ใกล้ตา
- มองผ่านเลนส์ใกล้ตาในขณะที่หมุนปุ่มปรับภาพหยาบเพื่อเพิ่มระยะห่างระหว่างสไลด์และเลนส์ใกล้วัตถุทั้งนี้ต้องแน่ใจว่าหมุนปุ่มปรับภาพหยาบไปในทิศทางที่ต้องการ หมุนปุ่มปรับภาพหยาบจนภาพเริ่มชัดเจนมากที่สุด อาจเลื่อนสไลด์เล็กน้อยเพื่อให้ภาพที่ศึกษาอยู่ตรงกลาง และอาจปรับความเข้มแสงโดยหมุนปุ่มปรับความเข้มแสงตามต้องการ
- หมุนปุ่มปรับภาพละเอียดจนได้ภาพที่ศึกษาชัดเจน
- หากต้องการเพิ่มกำลังขยายให้สูงขึ้น ใช้มือหมุนแป้นที่เลนส์ใกล้วัตถุติดอยู่ให้กำลังขยายสูงขึ้นในลำดับถัดไป ให้อยู่ในแนวแสง (หากเลนส์ใกล้วัตถุเข้าสู่ตำแหน่งที่ถูกต้องจะต้องมีเสียง “คลิก” ทุกครั้ง)
- ปรับภาพให้ชัดเจนโดยใช้ปุ่มปรับภาพละเอียด



- หากต้องการใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 100X ให้หมุนแป้นที่เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 40X เพื่อให้สไลด์ที่ต้องการศึกษาอยู่กึ่งกลางระหว่างเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 40X และ 100X จากนั้นหยดน้ำมันที่ใช้กับกล้องจุลทรรศน์ ลงไปบนกระจกปิดสไลด์ที่มีตัวอย่างที่กำลังศึกษาอยู่ ก่อนจะหมุนให้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 100X ให้เลนส์แตะกับน้ำมัน โดยปกติเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 100X ใช้ศึกษากับจุลินทรีย์ ทั้งนี้ต้องดูเรื่องความเข้มของแสงด้วย จากวิธีการในข้อ 1.3

ข้อควรระวัง การปรับโฟกัสภาพ เมื่อใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายสูง (40X และ 100X) ในขณะทำตามองเข้าไปในเลนส์ใกล้ตา จะต้องหมุนปุ่มปรับภาพหยาบเพื่อให้แท่นวางวัตถุเคลื่อนที่ออกจากเลนส์ใกล้วัตถุอย่างช้า ๆ เท่านั้น ห้ามปรับแท่นวางวัตถุเข้าหาเลนส์ใกล้วัตถุในขณะที่ตายังมองอยู่ที่เลนส์ใกล้ตา เมื่อเลยมาระยะโฟกัสภาพไปแล้วให้เริ่มต้นใหม่

4) ศึกษาสิ่งมีชีวิตจากน้ำในสระด้วยการทำสไลด์สด

- วางสไลด์ลงบนพื้นโต๊ะ
- หยดน้ำจากสระน้ำลงบนสไลด์ประมาณ 2 – 3 หยด อาจดึงรากจอกหรือแหวนวางลงบนหยดน้ำ
- ใช้มีดป้ายถ่อกระจกปิดสไลด์เอียงทำมุมประมาณ 45 องศา กับแผ่นสไลด์ไปแตะกับหยดน้ำ

โดยใช้เข็มเย็บประคองด้านขวาของกระจกปิดสไลด์ไว้ไม่ให้ล้ม ค่อย ๆ ลดระดับของเข็มเย็บลงช้า ๆ จนกระจกปิดสไลด์วางราบไปบนสไลด์ ระวังไม่ให้ฟองอากาศซึ่งอยู่ระหว่างกระจกปิดสไลด์และแผ่นสไลด์

- เช็ดด้านล่างและรอบ ๆ กระจกปิดสไลด์ให้แห้ง หากมีน้ำใต้กระจกปิดสไลด์มากเกินไปอาจขับออกด้วยกระดาษเยื่อ

- นำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยวิธีเดียวกับการดูวัตถุที่อยู่นิ่ง ให้สังเกตส่วนประกอบภายในเซลล์ การศึกษาเซลล์ที่แสงผ่านได้ดีอาจปรับไดอะแฟรมเพื่อเพิ่มความชัดเจนของภาพ

2.2 กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ

1) การเคลื่อนย้ายกล้องทำเช่นเดียวกับกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา

2) ก่อนเริ่มใช้กล้องจุลทรรศน์ให้ตรวจสอบกล้องจุลทรรศน์ดังต่อไปนี้

- สายไฟถูกพับเก็บ หรือ พันอยู่กับฐานของกล้อง
- สวิตช์ เปิดปิดหลอดไฟอยู่ในตำแหน่ง “ปิด”
- สวิตช์ เพิ่มความเข้มของแสงอยู่ที่ตำแหน่งต่ำสุด
- แท่นวางวัตถุเลื่อนอยู่ในตำแหน่งต่ำสุด
- เลนส์ใกล้วัตถุอยู่ที่ตำแหน่งกำลังขยายต่ำสุด

3) การใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดูวัตถุที่ทึบแสงและมีขนาดใหญ่

- นำแมลงที่มีขนาดเล็กทั้งตัว เช่น มอดแป้ง มด หรืออวัยวะของแมลง เช่น หนวด ปีก ขามาวางบนสไลด์หรือจานเพาะเชื้อ แล้วนำมาวางบนแท่นวางวัตถุ

- เปิดสวิตช์ไฟ โดยให้แสงส่องมาที่วัตถุบนแท่นวางวัตถุปรับความเข้มของแสงให้พอเหมาะ



- มองผ่านเลนส์ใกล้ตา โดยการลืมหิ้วทั้งสองข้าง
- ปรับโฟกัสโดยการหมุนปุ่มปรับภาพจนเห็นภาพชัด ถ้าต้องการเห็นภาพขนาดใหญ่ขึ้น ให้ปรับกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ โดยหมุนแป้นเปลี่ยนกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุให้มีตัวเลขมากขึ้น แล้วปรับโฟกัสอีกครั้ง
- ใช้มือเลื่อนสไลด์หรือจานเพาะเชื้อที่มีวัตถุที่ศึกษาไปทางขวา – ซ้าย หรือ บน – ล่าง เพื่อศึกษาลักษณะภาพที่เกิดขึ้น

3. วิธีการดูแลและเก็บรักษากล้องจุลทรรศน์

หลังจากเลิกใช้งานแล้วควรมีการดูแลและเก็บรักษากล้องจุลทรรศน์ให้ถูกวิธีดังนี้

1. หมุนเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่ำสุดเข้าที่ให้ตรงกับช่องรับแสงกลางแท่นวางวัตถุ แล้วเลื่อนแท่นวางวัตถุให้ต่ำสุด
2. ถ้าเลนส์สกปรก ทำความสะอาดโดยใช้กระดาษเช็ดเลนส์เท่านั้น และเช็ดน้ำมันออกจากปลายเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 100X ทุกครั้งหลังจากใช้กล้องเสร็จ ระวังอย่าปล่อยให้ น้ำมันแห้งติดเลนส์ เพราะจะทำให้เลนส์เสียและอาจมีเชื้อราเจริญขึ้น ในกรณีที่ลื่นเช็ดน้ำมันแล้วปล่อยให้ น้ำมันแห้งกรังติดเลนส์ ให้ใช้กระดาษเช็ดเลนส์ตะไคร้น (xylene) เช็ดก่อน แล้วจึงใช้กระดาษเช็ดเลนส์ที่สะอาด เช็ดให้แห้งอีกที
3. กล้องที่ใช้หลอดไฟสำหรับกล้องจุลทรรศน์ให้เลื่อนสเกลปรับปริมาณแสงไปที่ตัวเลขต่ำสุดก่อนแล้วจึงปิดสวิตช์ไฟและม้วนสายไฟเก็บให้เรียบร้อย สำหรับกล้องที่ใช้กระจกเงารับแสง จัดกระจกเงาให้ตั้งฉากกับฐานกล้อง เพื่อไม่ให้เปื้อนฝุ่นละออง
4. เลื่อนแท่นวางวัตถุและส่วนประกอบเข้าที่ให้เรียบร้อย
5. ใช้ผ้าสะอาดเช็ดทำความสะอาดส่วนอื่น ๆ ของกล้องที่ไม่ใช่เลนส์
6. เมื่อทำความสะอาดกล้องเสร็จเรียบร้อยแล้วและต้องการนำไปเก็บเข้าที่เก็บ ให้ปฏิบัติตามการเคลื่อนย้ายกล้องที่กล่าวมาแล้ว และคลุมกล้องด้วยผ้าหรือถุงพลาสติกที่แนบมากับกล้อง หรือใส่ในกล่องสำหรับเก็บกล้อง

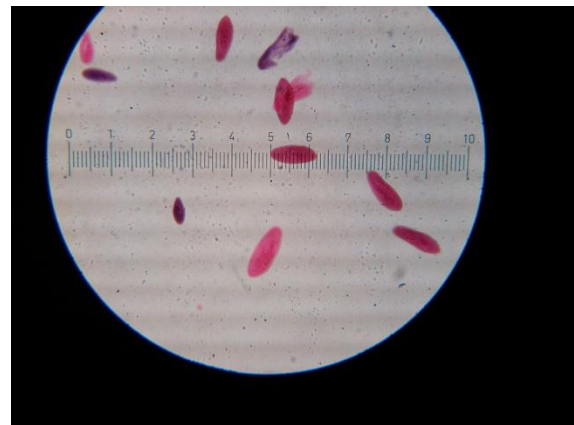
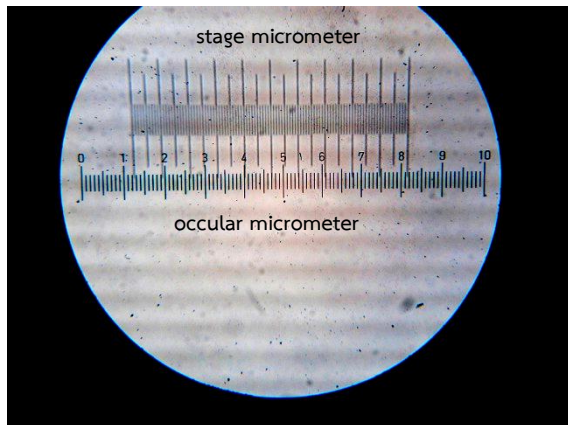
ใบความรู้ที่ 2

เรื่อง การคำนวณหากล้างขยายของภาพและขนาดของวัตถุภายใต้กล้องจุลทรรศน์

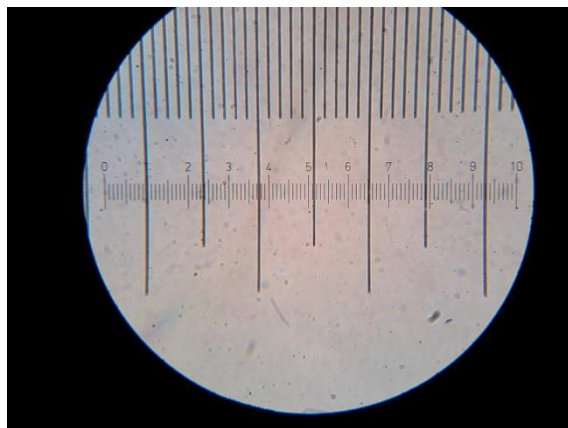
ในการศึกษาเซลล์ที่มีขนาดเล็กมาก ๆ และต้องการวัดขนาดให้แม่นยำขึ้นต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะที่เรียกว่า ไมโครมิเตอร์ (micrometer) ซึ่งประกอบด้วยออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์ (ocular micrometer) และสเตจไมโครมิเตอร์ (stage micrometer)

ออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์เป็นส่วนที่ใช้ในการวัดขนาดเซลล์โดยตรง มีลักษณะเป็นแผ่นแก้วกลมขนาดพอดีที่จะใส่ลงในกระบอกได้เลนส์ใกล้ตาได้ และตรงกลางมีขีดแบ่งเป็นช่องเล็ก ๆ จำนวน 100 ช่องห่างช่องละเท่า ๆ กัน แต่เนื่องจากออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์ไม่ได้ถูกขยายโดยเลนส์ใกล้วัตถุ ค่าของสเกลในแต่ละช่องจึงแตกต่างกันไปตามกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุที่ใช้ โดยทั่วไปเมื่อใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 10X แต่ละช่องของออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์จะมีค่าประมาณ 10 ไมโครเมตร เมื่อใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 40X แต่ละช่องจะมีค่าประมาณ 2.5 ไมโครเมตร และเมื่อใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 100X แต่ละช่องจะมีค่าประมาณ 1 ไมโครเมตร อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์แต่ละอันจะมีขนาดแตกต่างกันเล็กน้อย และกล้องจุลทรรศน์แต่ละกล้องก็จะมีกำลังขยายแตกต่างกันเล็กน้อยด้วย ดังนั้นก่อนใช้ออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์วัดขนาดของวัตถุ จึงต้องเทียบค่ากับสเตจไมโครมิเตอร์ซึ่งทราบขนาดแน่นอนแล้วและเมื่อเปลี่ยนเลนส์ใกล้วัตถุหรือเมื่อเปลี่ยนกล้องใหม่ก็ต้องเทียบค่าออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์กับสเตจไมโครมิเตอร์ใหม่ด้วย

สเตจไมโครมิเตอร์เป็นแผ่นแก้วขนาดเท่าแผ่นสไลด์ธรรมดา แต่ตรงกลางมีขีดแบ่งเป็นช่องขนาดเท่า ๆ กัน จำนวน 100 ช่อง แต่ละช่องมีความยาว 10 ไมครอน สเตจไมโครมิเตอร์ไม่ได้ใช้ในการวัดขนาดวัตถุโดยตรง แต่ใช้เทียบหาค่าความยาวในแต่ละช่องของออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์ ดังภาพที่ 1



ก.



ข.

ภาพที่ 1 การเทียบค่าความยาวของออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์กับสแตจไมโครมิเตอร์
และการวัดขนาดเซลล์โดยใช้ออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์

ก. กำลังขยาย 100X

ข. กำลังขยาย 400X

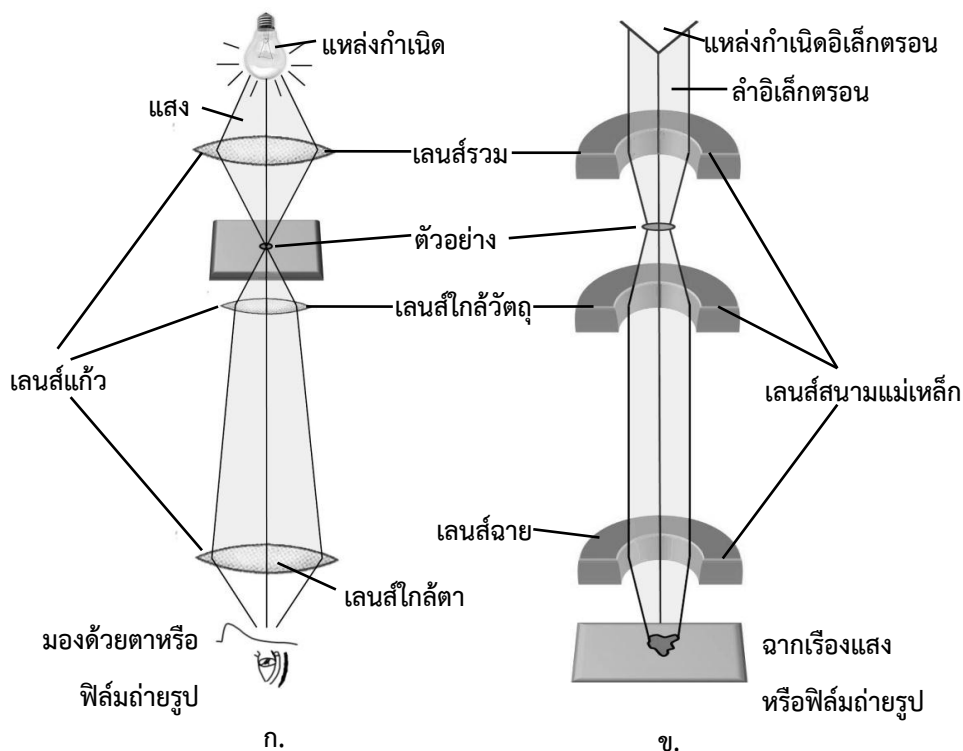
ใบความรู้ที่ 3

เรื่อง กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนมีความสำคัญในการปฎิบัติความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ ปัจจุบันสามารถให้ข้อมูลรายละเอียดของโครงสร้างถึงระดับอะตอมได้ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (transmission electron microscope; TEM) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope; SEM)

องค์ประกอบหลักในการเกิดภาพของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนคล้ายกับของกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง คือ ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดความสว่าง (source of illumination) ตัวอย่างที่ศึกษา และระบบเลนส์สำหรับโฟกัสตัวอย่างและสำหรับขยายภาพให้มีขนาดใหญ่

ส่วนหลักการทำงานของกล้องทั้ง 2 ประเภท ใช้หลักการทำงานคล้ายกัน กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงใช้ลำแสงที่เป็นช่วงแสงที่ตามองเห็นได้และชุดของเลนส์แก้ว และเกิดภาพที่มองเห็นได้โดยตรงในลำกล้องหรือโฟกัสภาพลงบนแผ่นฟิล์มสำหรับถ่ายภาพ ส่วนกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนใช้ลำอิเล็กตรอน (electron beam) และชุดของเลนส์สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic lens) และเกิดภาพบนจอที่ฉาบด้วย zinc sulfide ซึ่งเรืองแสงเมื่อได้รับอิเล็กตรอน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การทำงานของกล้อง

ก. กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง

ข. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

(ดัดแปลงจาก Becker and Deamer, 1991)





ก.



ข.

ภาพที่ 2 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

ก. แบบส่องผ่าน ข. แบบส่งกราด

ข้อดีและข้อเสียของกล้องทั้ง 2 ประเภท คือ กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงมีการเตรียมตัวอย่างที่ง่าย สามารถศึกษาตัวอย่างได้ทั้งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต และตรวจดูได้อย่างรวดเร็ว แต่รายละเอียดหรือความแยกชัด (resolution)* ของภาพมีขีดจำกัดขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นแสง (wavelength) ที่อยู่ในช่วงที่ตามองเห็น มุมเปิดของเลนส์ (angular aperture) และดัชนีหักเห (refractive index) ของตัวกลางรอบตัวอย่าง ส่วนกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนมีการเตรียมตัวอย่างยุ่งยาก เสียเวลา ค่าใช้จ่ายสูง และตัวอย่างต้องไม่มีชีวิตและปราศจากน้ำ แต่ความแยกชัดของภาพชัดเจนมากกว่าเนื่องจากความยาวคลื่นอิเล็กตรอนสั้นกว่าความยาวคลื่นแสงมาก

TEM เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่พัฒนาขึ้นก่อน SEM ซึ่งมีรายละเอียดหลักเพิ่มเติมจากกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงคือ

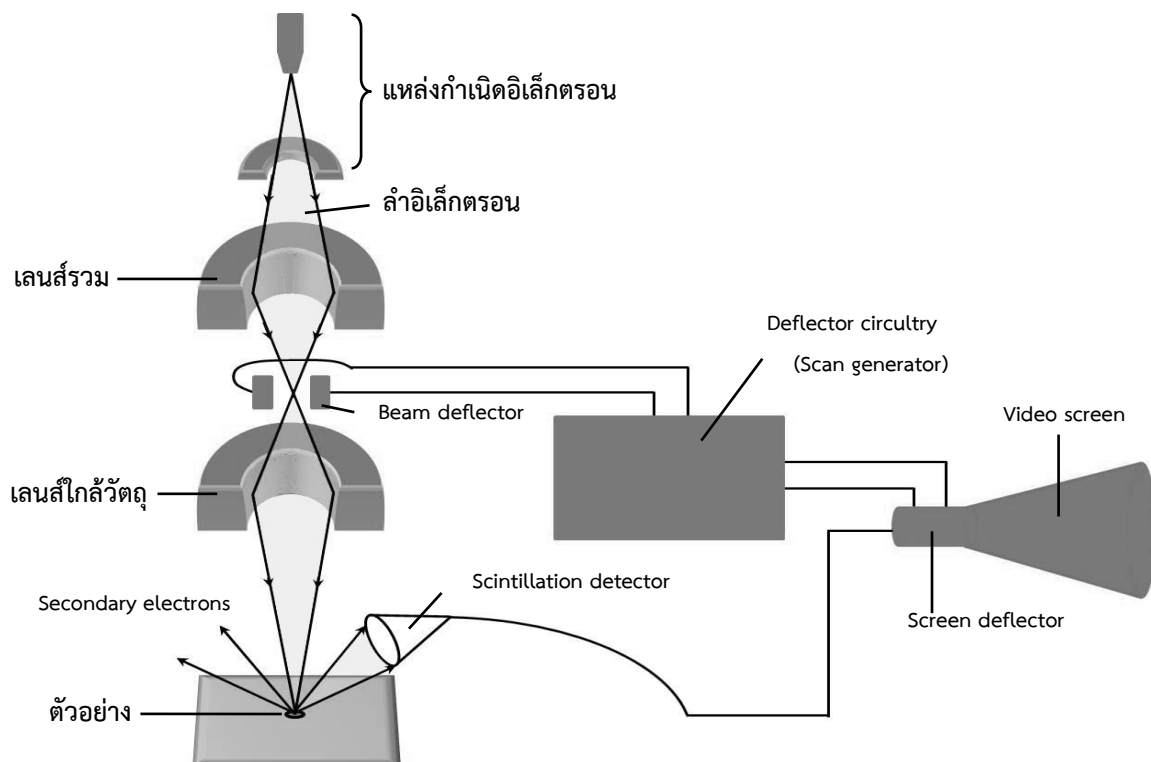
- มีระบบสุญญากาศ (vacuum system) เพื่อรักษาแนวทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน เนื่องจากอิเล็กตรอนไม่สามารถเคลื่อนที่ไปได้ไกลในอากาศ จึงต้องกำจัดอากาศออกด้วยระบบปั๊มต่าง ๆ และทำให้อุณหภูมิลดด้วยไนโตรเจนเหลว (liquid nitrogen)

- ใช้แหล่งกำเนิดอิเล็กตรอน (electron gun) ซึ่งประกอบด้วย cathode ที่ทำด้วยเส้น tungsten คล้ายในหลอดไฟที่จะปล่อยอิเล็กตรอนเมื่อให้ความร้อนสูง ด้านตรงข้าม cathode เป็น anode จึงทำให้เกิดความต่างของศักย์ไฟฟ้า (electric potential) ได้ถึง 50 – 100 กิโลโวลต์ ซึ่งจะเป็นตัวเร่งความเร็วของอิเล็กตรอนในการเคลื่อนที่ไปในท่อสุญญากาศ

- ใช้เลนส์สนามแม่เหล็กไฟฟ้าหลายตัวประกอบกันเพื่อช่วยควบคุมกำลังขยาย ได้แก่ เลนส์รวม (condenser lens) ซึ่งช่วยโฟกัสลำอิเล็กตรอนให้ตกลงบนตัวอย่าง จากนั้นลำอิเล็กตรอนจะถูกส่งไปยังเลนส์ใกล้วัตถุ (objective lens) เลนส์ตัวกลาง (intermediate lens) และเลนส์ฉาย (projector lens)
- เกิดภาพที่ได้จากอิเล็กตรอนปริมาณต่าง ๆ ที่ผ่านตัวอย่าง โดยบริเวณสว่างเกิดจากอิเล็กตรอนผ่านได้มาก แต่เนื่องจากการเตรียมตัวอย่างต้องย้อมด้วยโลหะหนัก จึงทำให้โครงสร้างต่าง ๆ มีความทึบอิเล็กตรอนในระดับแตกต่างกัน

* Resolution หมายถึง ความสามารถที่เห็นจุด 2 จุดที่อยู่ใกล้กันแยกออกจากกันชัดเจน (เห็นช่องว่าง) ●● หมายถึง resolution สูง ไม่เห็นช่องว่าง ●● หมายถึง resolution ต่ำ)

ส่วน SEM เป็นกล้องที่พัฒนามาจาก TEM แต่ใช้ศักย์ไฟฟ้าในการขับเคลื่อนอิเล็กตรอนประมาณ 5 – 10 กิโลโวลต์ ซึ่งต่ำกว่าที่ใช้ใน TEM SEM มีระบบเลนส์ที่ใช้โฟกัสลำอิเล็กตรอนให้เคลื่อนไปบนผิวของตัวอย่าง มีตัวเบน (deflector) ลำอิเล็กตรอนซึ่งอยู่ระหว่าง condenser lens กับตัวอย่าง เมื่อลำอิเล็กตรอนส่องกราดไปอย่างรวดเร็วบนผิวตัวอย่างที่เคลือบด้วยทองคำ โมเลกุลบนผิวของตัวอย่างจะปล่อยอิเล็กตรอนออกมาซึ่งจะถูกตรวจจับด้วยตัวตรวจหา (detector) แล้วแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณภาพวิดีโอ และได้ภาพ 3 มิติ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การทำงานของ scanning electron microscope
(ดัดแปลงจาก Becker and Deamer, 1991)

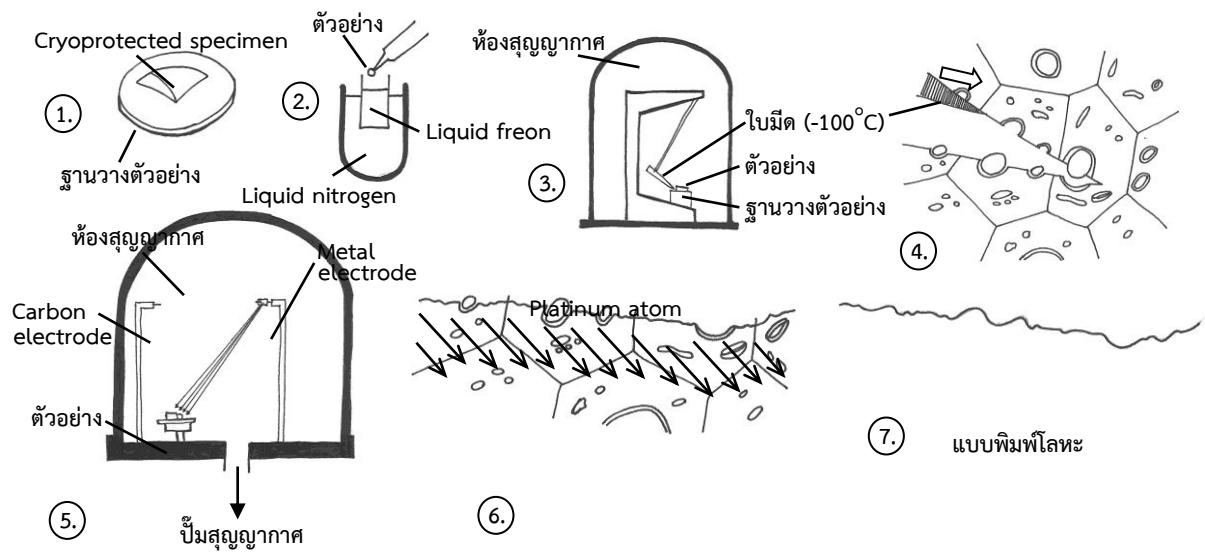
การเตรียมตัวอย่างสำหรับ TEM ค่อนข้างซับซ้อน ใช้เวลานาน และค่าใช้จ่ายสูง ไม่สามารถใช้ตัวอย่างที่มีชีวิตเพราะต้องตรึงอยู่ในระบบสุญญากาศและพลังงานจากอิเล็กตรอนที่ส่องผ่านตัวอย่างมีกำลังสูงมาก การเตรียมตัวอย่างมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ต้องการ คือ

1. กระบวนการเตรียมตัวอย่างทั่วไป ทำโดยฆ่าเซลล์ด้วย glutaraldehyde ทำให้คงสภาพ (fix) ด้วย osmium tetroxide ตึงน้ำออก ฝังในพลาสติก ตัดตัวอย่างให้บางประมาณ 60 – 90 นาโนเมตร (nm) โดยใช้ใบมีดที่ทำจากแก้วหรือเพชร วางตัวอย่างบนตารางทองแดง (copper grid) ย้อมด้วย lead citrate และ uranyl acetate ซึ่งเป็นสารที่สามารถจับโครงสร้างต่าง ๆ ของเซลล์ได้แตกต่างกัน จึงเป็นการเพิ่มความชัดเจนหรือความเปรียบต่าง (contrast)

2. Negative staining เป็นวิธีการทำให้เกิดภาพบนพื้นมืดโดยหยดน้ำที่มีตัวอย่างขนาดเล็ก เช่น ไวรัส ออร์แกนเนลล์ ลงบนตารางทองแดงที่ฉาบด้วยแผ่นฟิล์มพลาสติก เมื่อแห้งหยดด้วย uranyl acetate หรือ phosphotungstic acid จะได้พื้นสีดำ ตัวอย่างไม่ถูกย้อมหรือถูกย้อมน้อยจะสว่างและมีลวดลายตามลักษณะการสะสมของสารที่ย้อมบนผิวตัวอย่าง

3. Shadowing เป็นวิธีที่ทำให้เกิดภาพคล้ายเงาจากตัวอย่างที่ผิวถูกเคลือบบาง ๆ ด้วยสารที่บิอิเล็กตรอนได้แก่ โลหะหนักต่าง ๆ เช่น ทองคำ หรือ platinum โลหะเหล่านี้จะถูกปล่อยออกมาจากขั้วไฟฟ้า (electrode) ซึ่งวางทำมุมประมาณ 10 – 45 องศากับตัวอย่าง ทำให้เกิดการสะสมของโลหะบนผิวด้านที่หันเข้าหาขั้วไฟฟ้า ส่วนอีกด้านหนึ่งไม่ถูกเคลือบหรือถูกเคลือบน้อยด้วยโลหะ ทำให้เกิดความเปรียบต่างระหว่างด้านทั้งสอง

4. Freeze – fracturing เป็นวิธีที่ใช้ศึกษาโครงสร้างของเซลล์ที่มีเยื่อหุ้ม เนื่องจากตัวอย่างมีน้ำอยู่ จึงต้องทำให้แข็งอย่างรวดเร็วโดยแช่ในสารป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็ง (cryoprotectant) และแช่ใน freon ที่ทำให้เย็นจัดด้วยไนโตรเจนเหลวซึ่งป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งในเซลล์ แล้วใส่ตัวอย่างในตู้สุญญากาศที่มีอุณหภูมิ -100 °C กระเทาะตัวอย่างด้วยใบมีดไมโครโทม (microtome knife) แนวกระเทาะจะผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ชั้นในที่เป็นไฮโดรโฟบิกซึ่งมีแรงต้านทานน้อยที่สุดขณะที่ตัวอย่างอยู่ในสภาพเย็น เคลือบตัวอย่างทั้งสองส่วนตามแนวเฉียงด้วยไอของโลหะหนัก เช่น ทองคำขาว และเคลือบทางด้านบนด้วยไอคาร์บอน ย่อยเนื้อเยื่อออกด้วยกรด ได้แบบพิมพ์ (replica) ที่แสดงตรงกลางระหว่างชั้นทั้งสองของเยื่อหุ้มเซลล์ มีลักษณะเป็นปุ่มยื่นหรือหลุมซึ่งเป็นร่องรอยเดิมของโปรตีน หรือโครงสร้างต่าง ๆ ของเซลล์จากนั้นนำไปตรวจดูด้วย TEM ดังภาพที่ 4



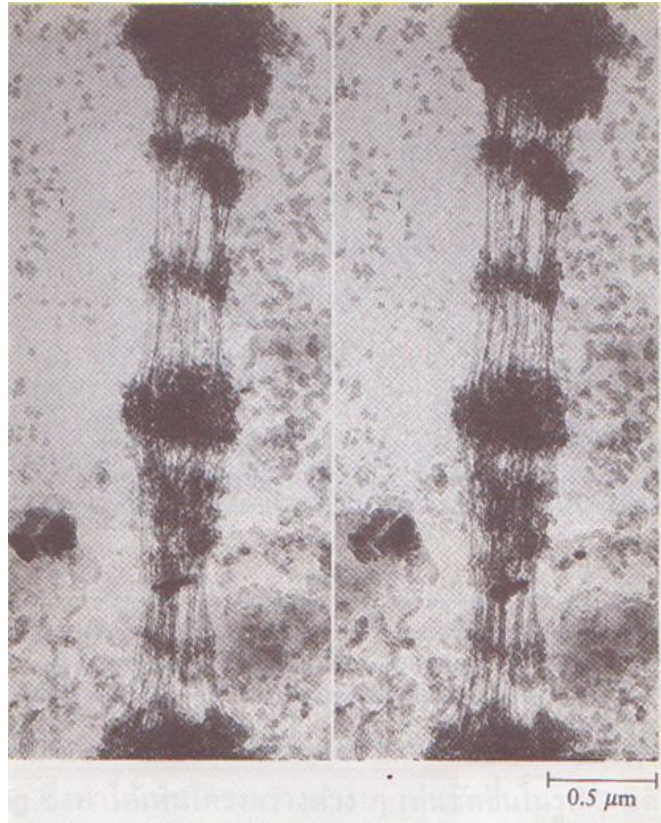
ภาพที่ 4 การเตรียมตัวอย่างโดยเทคนิค freeze fracturing และ shadowing
(ดัดแปลงจาก Becker and Deamer, 1991)

5. Freeze – etching เป็นเทคนิคที่เพิ่มเติมหลังจากทำโดยวิธี freeze fracturing โดยใช้โบมีดไมโครโทมที่เย็นจัดวางบนตัวอย่างที่ได้จากการกระแทกประมาณ 3 วินาที ถึง 3 นาที น้ำจากตัวอย่างจะระเหิดมาจับบนโบมีดทำให้โครงสร้างต่าง ๆ ของเซลล์ยกตัวสูงและนูนขึ้นจากบริเวณรอบ ๆ ถ้าใช้ cryoprotectant ที่ระเหยได้ เช่น methanol จะกำจัดน้ำได้มาก โครงสร้างต่าง ๆ จึงนูนเด่นชัดเป็น 3 มิติได้ เรียกว่า deep etching

การเตรียมตัวอย่างสำหรับ SEM มีวิธีการเตรียมคล้ายกับ TEM โดยหลังจากดึงน้ำออกจากตัวอย่างด้วยแอลกอฮอล์ นำตัวอย่างใส่ใน freon ภายใต้การเปลี่ยนความดันและควบคุมอุณหภูมิเพื่อรักษาสภาพผิวของตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างติดบนแป้นโลหะ เคลือบด้วยไอทองคำภายใต้สุญญากาศ ซึ่งทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนผ่านได้ และตรวจดูด้วย SEM

High – voltage electron microscope (HVEM) เป็นกล้องที่ทำงานเหมือน TEM ปกติแต่ใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงมากประมาณ 200 – 3,000 กิโลโวลต์ จึงมีความแยกชัดสูง ใช้ตรวจดูตัวอย่างที่มีความหนาได้ถึง $14\text{ }\mu\text{m}$ ซึ่งหนาเป็น 200 เท่าของตัวอย่างที่ใช้กับ TEM ปกติ ทำให้สามารถถ่ายภาพในแนวเอียงเพื่อนำมาประกอบกันเป็นภาพ 3 มิติได้

Stereo electron micrograph ภาพ 3 มิติ นอกจากสามารถได้จากการตรวจดูด้วย TEM โดยใช้เทคนิค shadowing, freeze fracturing, freeze etching และได้จาก SEM แล้ว ยังสามารถใช้เทคนิคการสร้างภาพ 3 มิติจากภาพถ่ายตัวอย่างเดียวกันที่มุมต่างกันเป็น 2 ภาพด้วย TEM เมื่อดูด้วยแว่นตาสำหรับดูภาพ 3 มิติ หรืออาจใช้กระดาษกั้นกลางระหว่างภาพ แล้วบังคับตาแต่ละข้างให้เห็นภาพข้างนั้นเพียงภาพเดียว ซึ่งสมองสามารถประมวลภาพทั้งสองเป็นภาพ 3 มิติได้ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 Stereo electron micrograph ของ polytene chromosome จาก HVEM
กำลังขยาย 40,000 เท่า เอียงจากแนวระนาบภาพละ 10 องศา (HVEM Madison for Biologist)

ใบความรู้ที่ 4

เรื่อง เซลล์และโครงสร้างของเซลล์

เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้และมีรูปร่างลักษณะต่าง ๆ มากมาย พืชและสัตว์ประกอบด้วยเซลล์ที่มีลักษณะเฉพาะหลายชนิดเป็นจำนวนมากซึ่งทำงานร่วมกัน เซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีขนาดและรูปร่างต่าง ๆ กัน เช่น เซลล์ของแบคทีเรียมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ $0.2 - 0.3 \mu\text{m}$ เซลล์ประสาทที่ไขสันหลังของยีราฟที่รับและส่งสัญญาณประสาทไปยังบริเวณขา มีความยาวถึง 1 m เซลล์ไข่มุกของนกสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าซึ่งประกอบด้วย yolk ที่เป็นอาหารสะสมอยู่มาก ดังภาพที่ 1

เซลล์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

Prokaryotic cell เป็นเซลล์ของสิ่งมีชีวิตพวกแบคทีเรีย cyanobacteria และ mycoplasma มีสารพันธุกรรมอยู่ในบริเวณ nucleoid ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส (nuclear membrane) และไม่มีโปรตีน histone จับกับสารพันธุกรรม ภายในไซโทพลาซึมไม่มี organelle ที่มีเยื่อหุ้มและ cytoskeleton

Eukaryotic cell เป็นเซลล์ที่พบในพวก เห็ด รา พืช และสัตว์ ขนาดใหญ่กว่าชนิดแรก นิวเคลียสเห็นชัดเจนหุ้มด้วย nuclear membrane ภายในมีสารพันธุกรรมรวมอยู่กับโปรตีน histone ภายในไซโทพลาซึมมี organelle ที่มีเยื่อหุ้มและไม่มีเยื่อหุ้ม

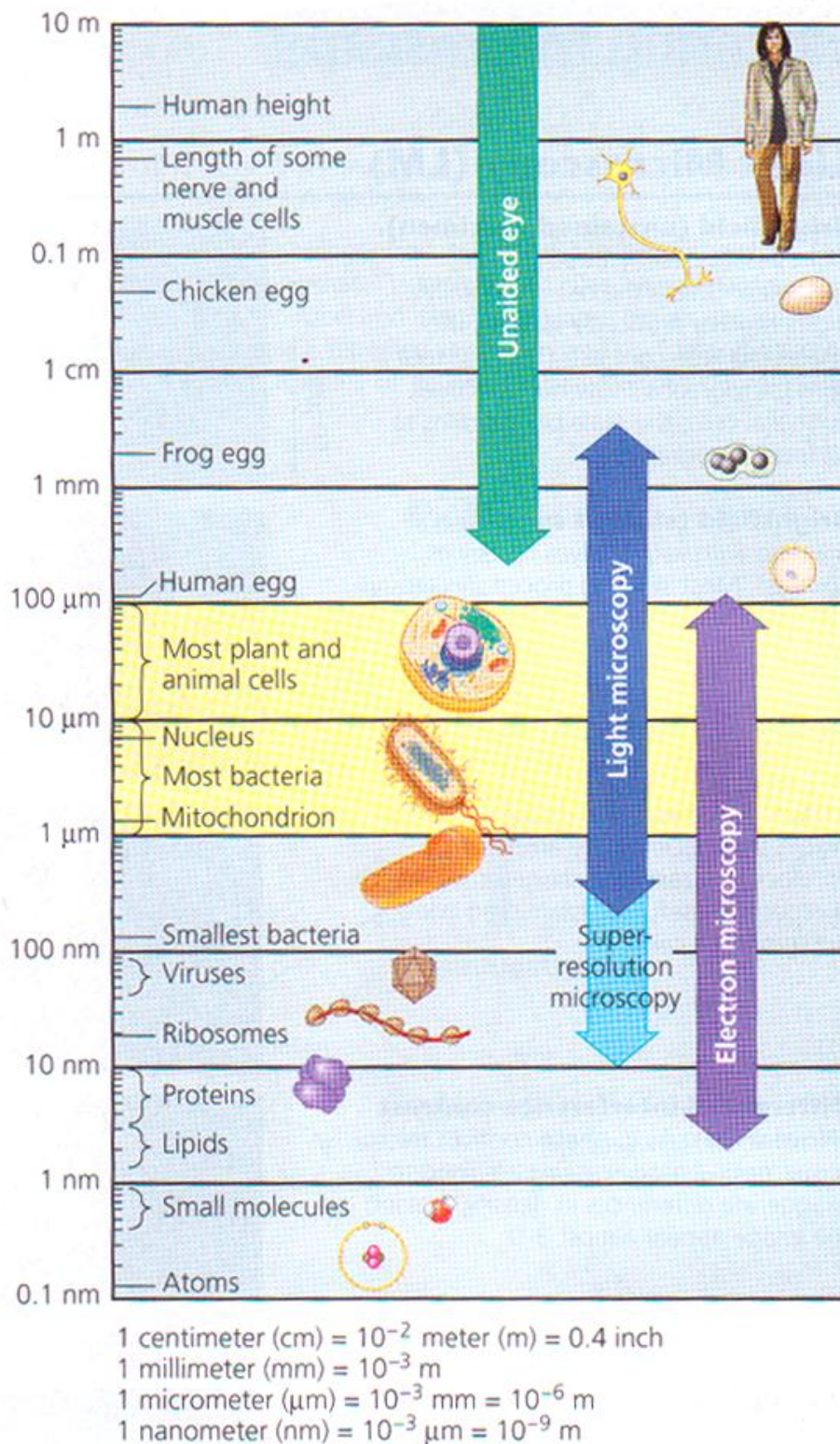
เซลล์ประกอบด้วยส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาซึม และนิวเคลียส ภายในไซโทพลาซึมมีโครงสร้างขนาดเล็กที่ทำหน้าที่เฉพาะเรียก organelle โครงสร้างของ eukaryotic cell จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน มีดังนี้ (ภาพที่ 2 และ 3)

1. ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ ได้แก่

1.1 ผนังเซลล์ (cell wall) เป็นโครงสร้างที่หุ้มด้านนอกของเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืช สาหร่าย แบคทีเรีย เห็ดและรา ไม่พบในเซลล์สัตว์ ผนังเซลล์ของพืชส่วนใหญ่เป็นเส้นใยที่ประกอบด้วย cellulose เมื่อเซลล์มีอายุมากขึ้นอาจมีสารอื่นมาสะสมอยู่ เช่น hemicellulose, pectin, suberin, cutin และ lignin ผนังเซลล์พืชมีช่อง plasmodesmata ซึ่งเป็นทางผ่านของน้ำและสารขนาดเล็กต่าง ๆ ผนังเซลล์เป็นโครงสร้างที่แข็งแรงค้ำจุนเซลล์

1.2 Cell coat หรือ glycocalyx เป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วย glycoprotein และสารอื่น ๆ อยู่บนผิวเซลล์สัตว์ ไม่แข็งแรงเหมือนผนังเซลล์ แต่สามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงของผิวเซลล์และเชื่อมต่อเซลล์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน และเกี่ยวข้องกับการจดจำของเซลล์ (cell recognition) เพราะเซลล์แต่ละชนิดมีคาร์โบไฮเดรตเฉพาะจับอยู่กับโปรตีนหรือลิพิดของเยื่อหุ้มเซลล์





ภาพที่ 1 ขนาดของส่วนประกอบต่าง ๆ ที่พบในเซลล์ เซลล์ต่าง ๆ และมนุษย์ ซึ่งมองเห็นจากกล้องจุลทรรศน์จนถึงตามนุษย์ (Reece *et al.*, 2011)

1.3 เยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane หรือ plasma membrane) เป็นเยื่อชั้นเดียวที่มีความหนาประมาณ 7 – 11 nm ประกอบด้วย phospholipid เรียงตัว 2 ชั้น โดยหันด้านที่ชอบน้ำ (hydrophilic end) ออกด้านนอก และหันด้านที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic end) เข้าด้านใน โดยมีโปรตีนแทรกอยู่ นอกจากนี้ยังประกอบด้วย cholesterol, glycolipid และ glycoprotein เยื่อหุ้มเซลล์เป็นเยื่อเลือกผ่านซึ่งทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนสารและการนำไฟฟ้าหรือสภาพนำ (conductivity) เป็นที่อยู่ของเอนไซม์หรือโปรตีนบางชนิดซึ่งเป็นโครงสร้างของ ion channel และ receptor ชนิดต่าง ๆ และเปลี่ยนแปลงไปเป็นโครงสร้างต่าง ๆ เช่น cell junction (tight junction, desmosome และ gap junction) microvilli และ cilia

2. ไซโทพลาซึม (cytoplasm) ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ organelle และ cytosol

2.1 Organelle มีหลายชนิด บางชนิดมีเยื่อหุ้มคล้ายกับเยื่อหุ้มเซลล์ Organelle แต่ละชนิดมีโครงสร้างและหน้าที่ดังนี้

Endoplasmic reticulum หรือ ER เป็น organelle ที่มีเยื่อหุ้มชั้นเดียว ขนาด 5 – 10 μm ลักษณะเป็นท่อแบนหรือถุงแบนเรียงซ้อนกัน และมีท่อเชื่อมถึงกันเป็นร่างแห อยู่ล้อมรอบนิวเคลียส ส่วนของ ER เชื่อมติดกับเยื่อชั้นนอกของ nuclear membrane ER ที่มี ribosome มาเกาะที่ผิวเรียกว่า rough endoplasmic reticulum (RER) ส่วน ER ที่ไม่มี ribosome มาเกาะเรียกว่า smooth endoplasmic reticulum (SER)

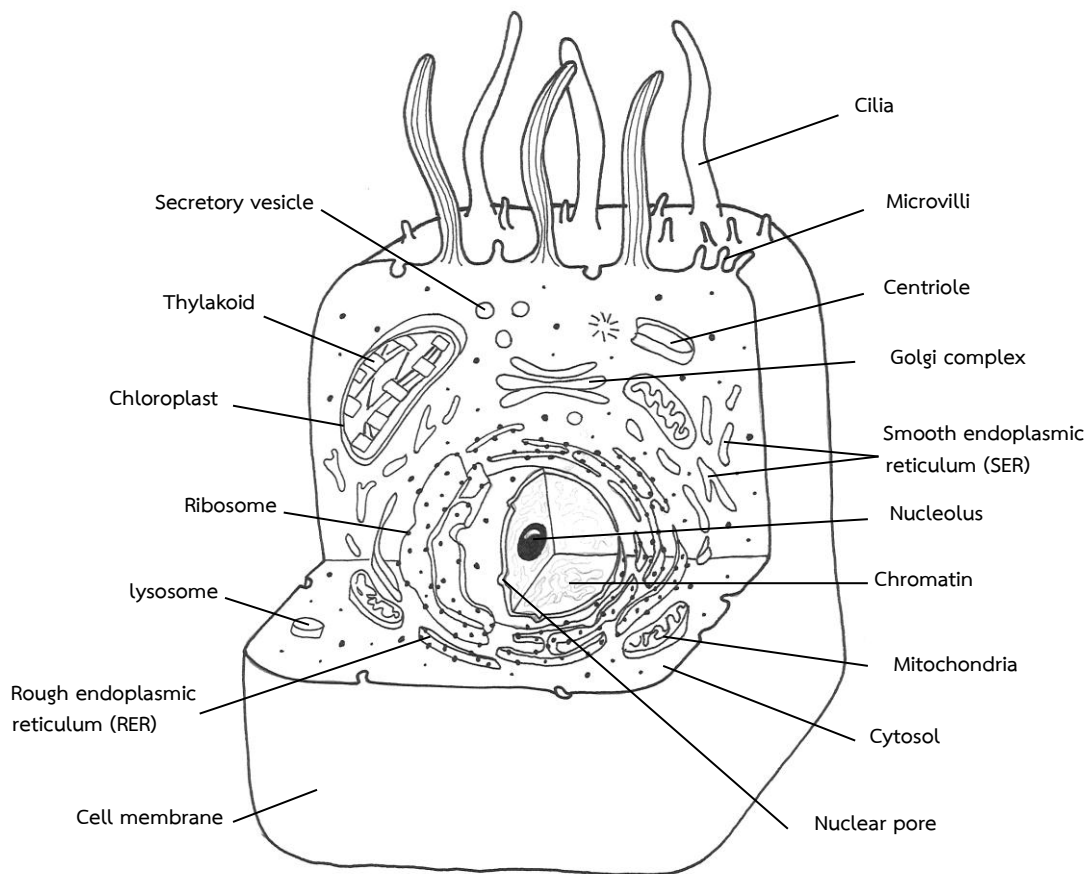
RER เกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีน โดยโปรตีนที่ ribosome สร้างจะเข้าสู่ ER ถูกห่อหุ้มเป็น vesicle แล้วส่งต่อไปยัง Golgi complex เพื่อลำเลียงและหลั่งออกนอกเซลล์ หรือไปเป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ ส่วน SER พบทั่วไปในไซโทพลาซึม ทำหน้าที่สังเคราะห์ลิพิด เช่น steroid และ sex hormone กำจัดสารพิษ เป็นแหล่งสะสมแคลเซียมไอออนในเซลล์ เช่น เซลล์กล้ามเนื้อโครงร่าง และเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ

Ribosome เป็น organelle ขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 – 30 nm ไม่มีเยื่อหุ้ม ประกอบด้วย 2 หน่วยย่อย (subunit) คือ หน่วยย่อยเล็กและหน่วยย่อยใหญ่ ปกติหน่วยย่อยทั้ง 2 อยู่แยกกัน แต่จะติดกันขณะที่มีการสังเคราะห์โปรตีน ประกอบด้วยโปรตีน และ RNA แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ 70s* ซึ่งพบใน prokaryote, mitochondria และ chloroplast ส่วน 80s พบใน eukaryote Ribosome ที่เกาะกับ ER สร้างโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์หรือส่งออกนอกเซลล์ ส่วน ribosome ที่กระจายอยู่ใน cytosol สร้างโปรตีนสำหรับใช้ภายในเซลล์

Golgi complex หรือ Golgi body หรือ Golgi apparatus เป็น organelle ขนาด 5 – 10 μm มีเยื่อหุ้ม 1 ชั้น เป็นถุงซ้อนกันเป็นชั้น ๆ คล้าย ER ตรงขอบจะโป่งออกเป็น vesicle ทำหน้าที่รวบรวมสารทำให้สารเข้มข้น เติมคาร์โบไฮเดรตให้กับโปรตีนหรือลิพิดที่ส่งออกมาจาก ER เกิดเป็น glycoprotein หรือ glycolipid เพื่อส่งออกนอกเซลล์หรือเป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์

*s=Svedberg unit ซึ่งใช้แสดงขนาดสัมพัทธ์ของโมเลกุลหรือแสดงความเร็วของ macromolecule ที่ตกตะกอนในเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูง





ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของ eukaryotic cell

(ดัดแปลงจาก Becker and Deamer, 1991)

Lysosome เป็น organelle หรือ vesicle ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $0.5 - 1 \mu\text{m}$ ล้อมรอบด้วยเยื่อหุ้มชั้นเดียว ประกอบด้วยเอนไซม์พวก hydrolase ชนิดต่าง ๆ ที่ย่อยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และโมเลกุลต่าง ๆ ที่ได้รับจากนอกเซลล์หรือส่วนประกอบของเซลล์ที่เซลล์ไม่ต้องการ เอนไซม์เหล่านี้ยังไม่พร้อมทำงานซึ่งอยู่ใน primary lysosome ที่หลุดจาก Golgi complex การรวมตัวของ primary lysosome กับ vacuole ที่มีสารหรือ organelle ที่หมดอายุอยู่ ทำให้เอนไซม์เปลี่ยนเป็นรูปที่ทำงานได้ จึงย่อยสลายสารใน vacuole ได้เป็นสารโมเลกุลขนาดเล็กแพร่สู่ไซโทพลาซึม และนำกลับมาใช้ในการสังเคราะห์ macromolecule ได้

Vacuole เป็นถุงที่มีเยื่อหุ้มชั้นเดียว มีรูปร่างและขนาดแตกต่างกัน มีหลายชนิดและทำหน้าที่แตกต่างกันเช่นกัน คือ vacuole ทำหน้าที่สะสมสารต่าง ๆ เป็นการชั่วคราวหรือลำเลียงสารไปยังตำแหน่งต่าง ๆ พบในพวก protist เช่น amoeba, paramecium มี contractile vacuole ทำหน้าที่รักษาสมดุลของน้ำ และ food vacuole ทำหน้าที่บรรจุอาหารที่รับมาจากภายนอกเซลล์เพื่อย่อยสลายต่อไป พบในเซลล์เม็ดเลือดขาวบางชนิด และพวก protist บางชนิด ส่วนในพืชมักพบ sap vacuole ซึ่งมี

ขนาดใหญ่ ทำหน้าที่ในการสะสมสารต่าง ๆ และเกี่ยวข้องกับการรักษาแรงดันเต่ง (turgor pressure) ซึ่งมีบทบาทเกี่ยวกับการเหี่ยวของพืช

Mitochondria เป็น organelle ขนาดใหญ่ เส้นผ่านศูนย์กลาง $0.2 - 2 \mu\text{m}$ และอาจยาว $2 - 7 \mu\text{m}$ มี DNA ที่ไม่มี histone และมี ribosome ชนิด 70s จึงสามารถสร้างโปรตีนได้เอง หุ้มด้วยเยื่อหุ้ม 2 ชั้น คือ ชั้นนอกและชั้นใน ชั้นในจะพับทบและยื่นเข้าด้านในเรียก cristae ซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิว และเป็นแหล่งที่มีเอนไซม์ที่ใช้ในการหายใจระดับเซลล์ การส่งผ่านอิเล็กตรอนที่ได้จากการสลายสารอาหาร และการสร้างพลังงานในรูป ATP ภายใน mitochondria มีของเหลวบรรจุ ซึ่งจะพบเอนไซม์ต่าง ๆ ที่ใช้ใน Kreb's cycle และ beta - oxidation ของกรดไขมัน

Plastid เป็น organelle ที่มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น มีสีแตกต่างกัน พบในเซลล์พืชและสาหร่าย แบ่งออกเป็น

- Chloroplast เป็น plastid ที่มี DNA ที่ไม่มี histone และมี ribosome มีสีเขียวเนื่องจากมี chlorophyll รูปร่างรี หรือรูปไข่ ความยาวเฉลี่ย $5 - 10 \mu\text{m}$ ความกว้าง $2 - 4 \mu\text{m}$ หนาประมาณ $1 \mu\text{m}$ ภายในเยื่อหุ้มชั้นในมีการพัฒนาเป็นถุงแบน ๆ เรียก thylakoid disc ซึ่งซ้อนกันเป็นแนวตั้งเรียก grana และมีเยื่อที่เชื่อมระหว่าง grana เรียก stroma lamella ส่วนที่เป็นของเหลวเรียก stroma Chloroplast ทำหน้าที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยที่ thylakoid disc จะมีเอนไซม์ สารตัวกลางต่าง ๆ chlorophyll และสารสีต่าง ๆ ที่ใช้ในการดูดซับพลังงานแสง ส่วนการจับ CO_2 และการสังเคราะห์น้ำตาลเกิดใน stroma ส่วนเยื่อหุ้มชั้นนอกควบคุมการเข้าออกของสาร

- Chromoplast เป็น plastid ที่มีสารที่ทำให้เกิดสารสีต่าง ๆ ยกเว้นสีเขียว เช่น สารสีพวก carotenoid ทำให้เกิดสีแดง สีส้ม และสีเหลือง ในดอก ใบ และผล

- Leucoplast เป็น plastid ที่ไม่มีสี มีหน้าที่สะสมแป้งที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสง พบในเซลล์ของราก ลำต้น และใบที่ไม่มีสี

Centriole เป็น organelle ที่ไม่มีเยื่อหุ้ม พบในเซลล์สัตว์ และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ไม่พบในเซลล์พืชและเห็ดรา พบอยู่เป็นคู่วางตั้งฉากกัน อยู่ใกล้กับนิวเคลียส ประกอบด้วย microtubule เรียงกัน 9 กลุ่ม กลุ่มละ 3 หลอด แต่ละกลุ่มเชื่อมกันเป็นแท่งทรงกระบอก และมีโปรตีนเชื่อมระหว่างกลุ่มบริเวณที่ centriole แต่ละคู่ถูกล้อมรอบด้วยโปรตีนเรียกว่า centrosome ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของ spindle fiber ที่ทำหน้าที่ช่วยในการเคลื่อนที่ของโครโมโซม

Cytoskeleton เป็นร่างแหของเส้นใยโปรตีนเพื่อค้ำจุนเซลล์ และเป็นที่ยึดเกาะของ organelle ให้อยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ ลำเลียง organelle ให้เคลื่อนที่ และเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของเซลล์ แบ่งเส้นใยโปรตีนออกเป็น 3 ชนิด

- Microfilament หรือ actin filament เป็นเส้นใยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 nm เกิดจากโปรตีน actin ซึ่งมีรูปร่างกลมติดกันเป็นสายที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4 nm จำนวน 2 สาย พันบิดกันเป็นเกลียว ทำหน้าที่สำคัญในการหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อ เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของ amoeba



และเซลล์เม็ดเลือดขาว การเปลี่ยนรูปร่างของเซลล์ เป็นต้น พบใน microvilli ที่ผิวด้านบนของเซลล์บุผิว และช่วยในการแบ่งไซโทพลาซึมในการแบ่งเซลล์

- Intermediate filament เป็นเส้นใยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 – 12 nm เกิดจากเส้นใยย่อยหรือขนาดเล็กเรียงตัวเป็นสายยาว 8 ชุด ชุดละ 4 สาย พันเป็นเกลียว เส้นใยนี้จัดเรียงตัวเป็นร่างแหตามลักษณะรูปร่างของเซลล์จึงเป็นโครงร่างค้ำจุนตลอดทั้งเซลล์และต้านแรงดึงในเซลล์ ตัวอย่างเช่น neurofilament พบในเซลล์ประสาท keratin พบในเซลล์ผิวหนัง desmin พบในเซลล์กล้ามเนื้อ และ glial filament พบใน glial cell ที่เนื้อเยื่อประสาท เป็นต้น

- Microtubule เป็นหลอดกลวง เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25 nm เกิดจากโปรตีน tubulin ซึ่งประกอบด้วย polypeptide 2 หน่วยย่อยเรียงตัวในทิศทางเดียวกันเป็นสาย เป็นโครงสร้างของ spindle fiber, cilia และ flagella ทำหน้าที่ยึดและลำเลียง organelle ภายในเซลล์ การเคลื่อนที่ของ chromosome ตอนแบ่งเซลล์ และช่วยในการคงรูปร่างของเซลล์

Peroxisome เป็นถุงที่มีเยื่อหุ้ม 1 ชั้น คล้าย lysosome มีรูปร่างกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 – 0.5 μm ภายในบรรจุของเหลวเนื้อเดียวกัน (homogenous) ประกอบด้วยเอนไซม์ที่ใช้ในการสลาย hydrogen peroxide (H_2O_2) ซึ่งเป็นสารพิษให้กลายเป็น oxygen และน้ำ หรือรวบรวมสารที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาที่ให้ H_2O_2 และเอนไซม์ต่าง ๆ ไว้ใน peroxisome เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอันตรายกับเซลล์

Secretory vesicle เป็นถุงที่มีเยื่อหุ้ม 1 ชั้น ขนาดประมาณ 0.05 – 1 μm ทำหน้าที่สะสมและลำเลียงสารหรือโปรตีนที่สร้างจาก ER และแปรรูปใน Golgi complex เพื่อหลั่งออกนอกเซลล์

2.2 Cytosol เป็นส่วนของไซโทพลาซึมที่มีลักษณะเป็นสารกึ่งแข็งกึ่งเหลว พบประมาณร้อยละ 50 – 60 ของปริมาตรเซลล์

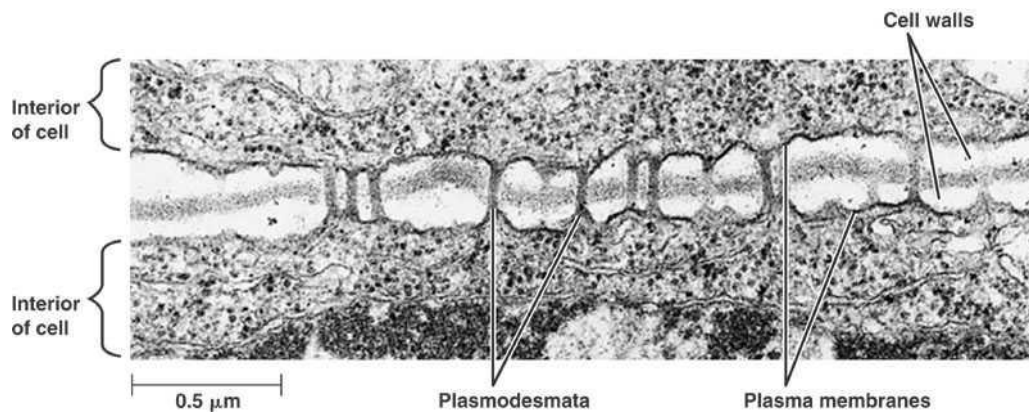
3. นิวเคลียส (nucleus) เป็นโครงสร้างที่เห็นชัดเจน ขนาด 3 – 10 μm เซลล์ทั่วไปมี 1 นิวเคลียส รูปร่างกลม รี หรือยาว พบอยู่กลางเซลล์หรือค่อนข้างใดด้านหนึ่ง ลักษณะที่ศึกษาจาก EM คือ มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้นล้อมรอบ เรียก nuclear membrane นิวเคลียสมีหน้าที่เกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การแสดงออกของยีน การแบ่งเซลล์ และการควบคุมการสังเคราะห์โปรตีน ประกอบด้วย

3.1 Nuclear membrane หรือ nuclear envelope หรือเยื่อหุ้มนิวเคลียส เป็นเยื่อ 2 ชั้น แต่ละชั้นประกอบด้วยลิพิดเรียงเป็น 2 ชั้น มีช่องเล็ก ๆ เรียก nucleopore ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 nm ทะลุเยื่อทั้ง 2 ชั้น ซึ่งเป็นทางผ่านของสารระหว่างนิวเคลียสและไซโทพลาซึม

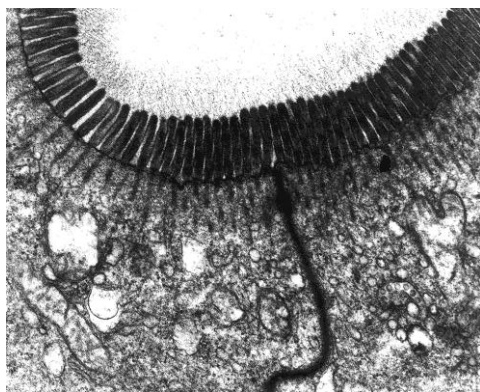
3.2 Nucleolus เป็นโครงสร้างที่เห็นชัดเจนเมื่อเซลล์มีการสังเคราะห์โปรตีน ขนาด 1 – 2 μm ไม่มีเยื่อหุ้ม ประกอบด้วยโปรตีน และ RNA เป็นส่วนใหญ่ และยังมี DNA Nucleolus มีหน้าที่สร้าง RNA และรวมกับโปรตีน เพื่อประกอบเป็นหน่วยย่อยของ ribosome

3.3 Chromatin เป็นสาย DNA ที่ขดพันกันไปมาในนิวเคลียส เมื่อมีการแบ่งเซลล์พบว่า chromatin จะขดตัวแน่นทำให้หนาและสั้นลงจนเห็นเป็นแท่ง chromosome ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมการ

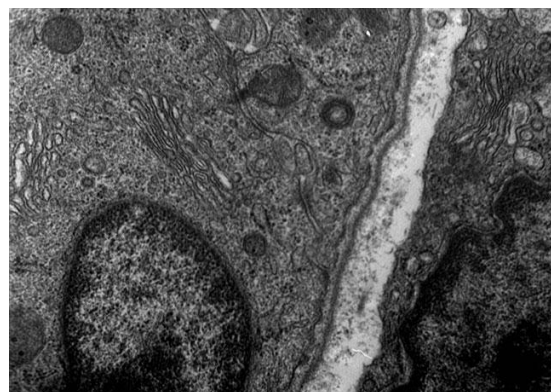
ถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม Chromatin บางส่วนอัดกันแน่น (heterochromatin) และ chromatin บางส่วนจะกระจาย (euchromatin)



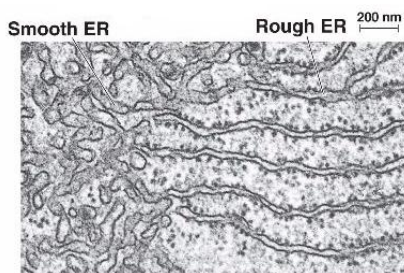
Cell wall and plasmodesmata



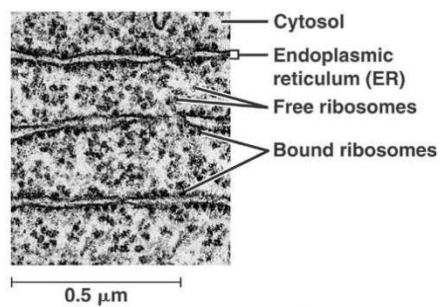
Cell coat



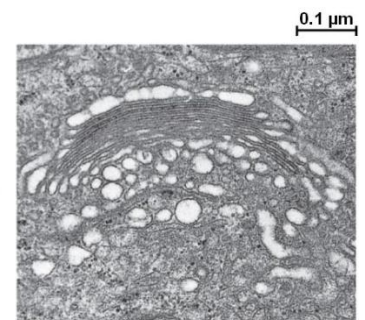
Cell membrane



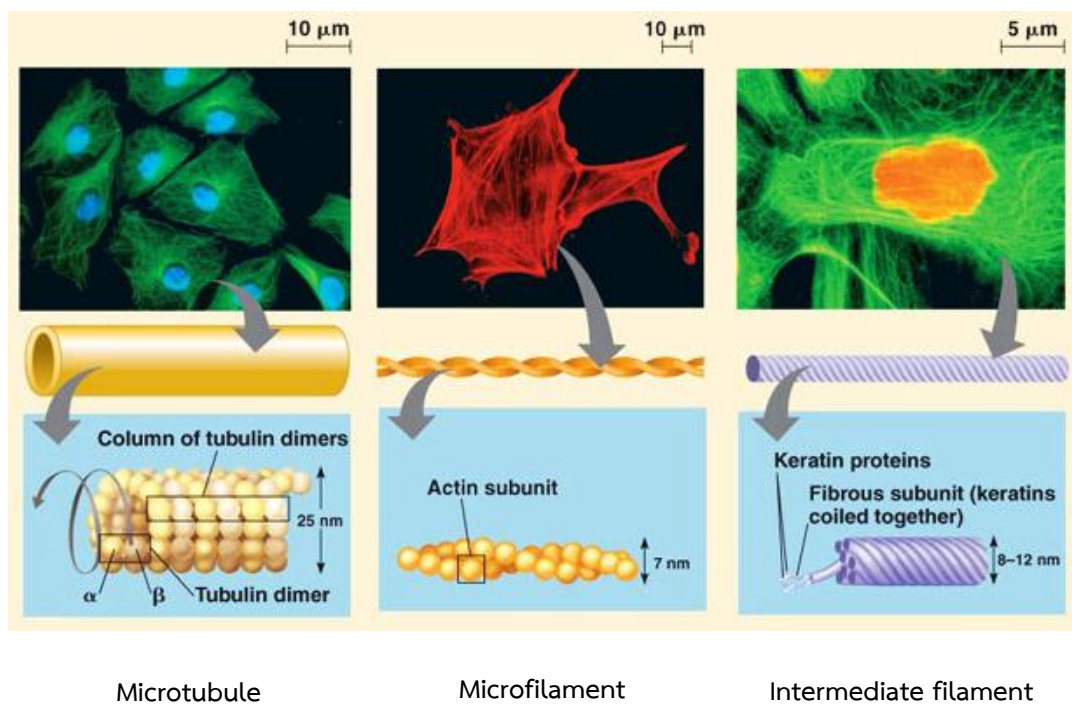
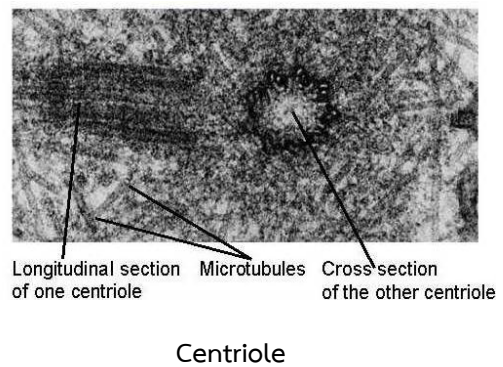
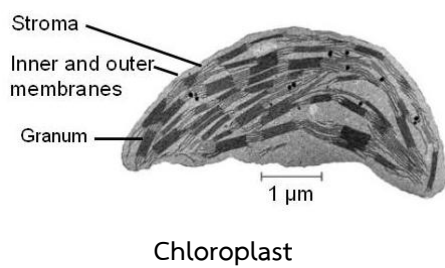
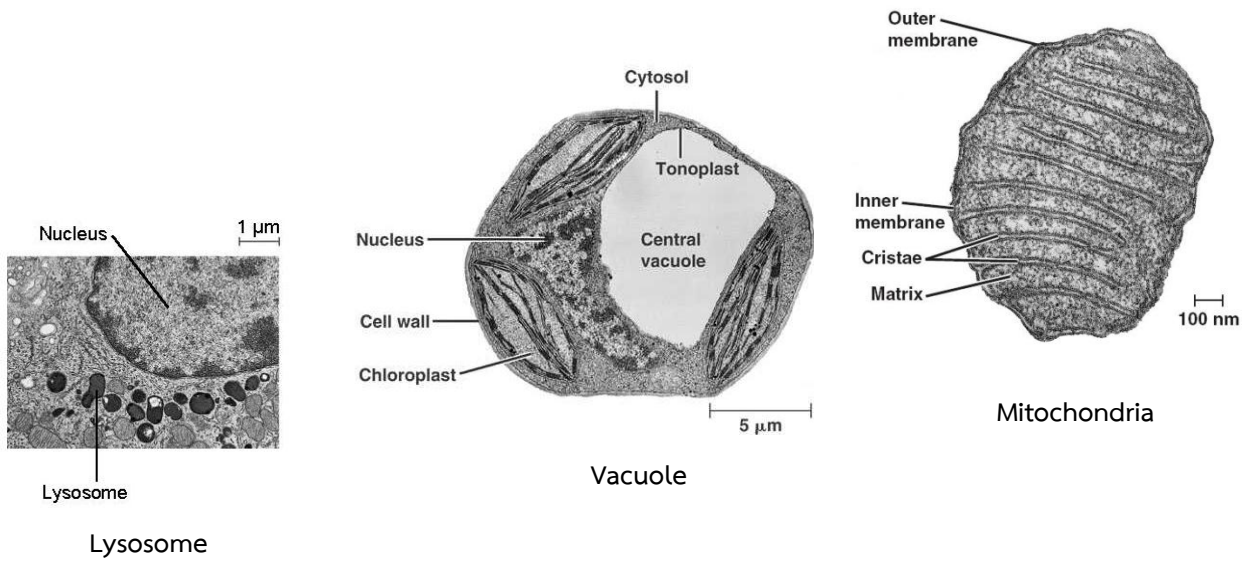
Endoplasmic reticulum; ER

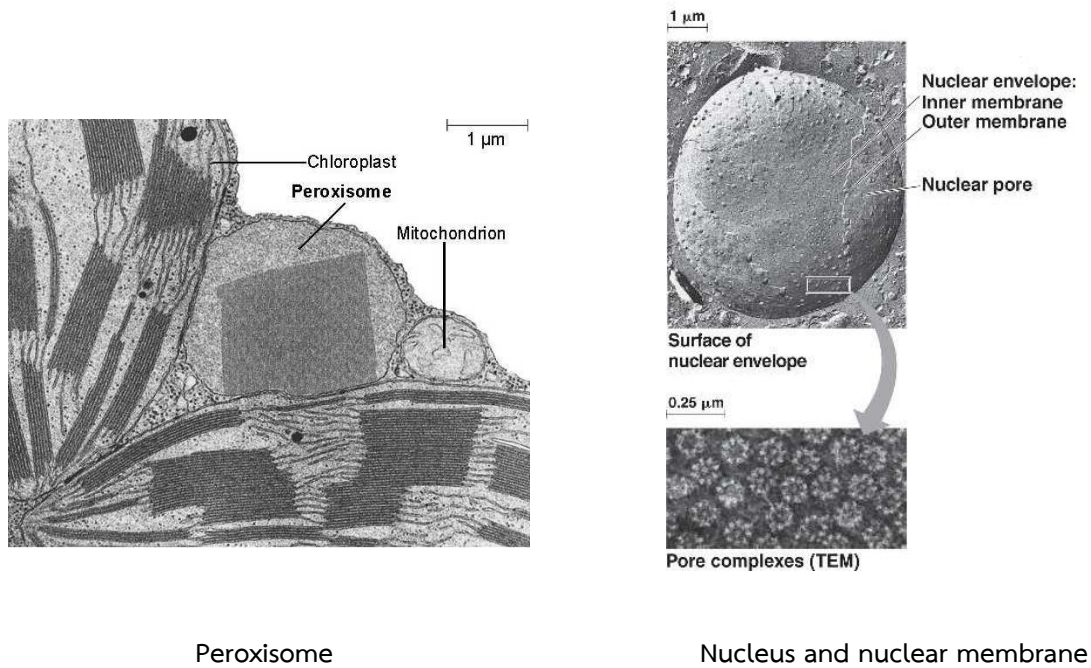


Ribosome



Golgi complex





Peroxisome

Nucleus and nuclear membrane

ภาพที่ 3 ภาพจาก TEM ของโครงสร้างต่าง ๆ ของเซลล์

(Reece *et al.*, 2011)

เรื่อง การแบ่งเซลล์

แผนการอบรม

แผนการอบรมครูชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สำหรับครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่

เรื่อง การแบ่งเซลล์

เวลา 3 ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครโมโซมและการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส

สาระสำคัญ

โครโมโซม มีลักษณะเป็นแท่งประกอบด้วยโครมาทิด (chromatid) 2 เส้นยึดติดกันบริเวณรอยคอดที่เรียกว่า เซนโทรเมียร์ (centromere) โครโมโซมจะเห็นชัดขึ้นเมื่อมีการแบ่งเซลล์ โดยสายใยโครมาทิน (chromatin) ที่ประกอบไปด้วย DNA และโปรตีนจะหดตัวจนมีลักษณะเป็นแท่ง ๆ

ไมโทซิส เป็นกระบวนการที่พบในการแบ่งเซลล์ร่างกาย (somatic cell) ในสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์เพื่อการเจริญเติบโต และในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวเพื่อการสืบพันธุ์ ผลที่ได้จากไมโทซิสจะได้นิวเคลียสใหม่ 2 นิวเคลียส ที่มีโครโมโซมครบสมบูรณ์เหมือนเซลล์ตั้งต้นทุกประการ ส่วนไมโอซิส เป็นกระบวนการแบ่งเซลล์ที่เกิดขึ้นในเซลล์ที่เป็นดิพลอยด์ เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในสัตว์หรือสร้างสปอร์ในพืช ผลที่ได้จากไมโอซิสจะได้นิวเคลียสที่มีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่งจากเซลล์ตั้งต้น

ความรู้พื้นฐาน

1. ยีนและโครโมโซม
2. เซลล์และโครงสร้างของเซลล์
3. ทักษะเบื้องต้นในการใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง

สื่อการเรียนรู้

1. เอกสารประกอบการอบรม 1: ใบกิจกรรมที่ 1 – 2
2. เอกสารประกอบการอบรม 2: ใบงานที่ 1 – 2
3. เอกสารประกอบการอบรม 3: ใบความรู้ที่ 1 – 2
4. กล้องจุลทรรศน์ และวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ
5. สื่อประกอบกิจกรรมที่ 1 – 2
6. ภาพวาดหรือภาพถ่ายการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส
7. โสตทัศนูปกรณ์ Computer และ LCD projector



แนวทางการจัดกิจกรรม

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน 1) วิทยากรทบทวนความรู้เรื่อง การแบ่งเซลล์ โดยใช้คำถาม ถามผู้เข้ารับการอบรม ตัวอย่างคำถามเช่น - การแบ่งเซลล์มีกี่รูปแบบ อะไรบ้าง - การแบ่งเซลล์แต่ละแบบมีกี่ขั้น อะไรบ้าง ทั้ง 2 แบบมีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร 2) วิทยากรอาจจะยังไม่ต้องเฉลยคำตอบที่ถูกต้อง โดยให้ผู้เข้ารับการอบรมทำกิจกรรมที่ 1		
2. ชี้นสอน 1) ให้ผู้เข้ารับการอบรมทำกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสก่อนแล้วจึงตรวจสอบความถูกต้องในภายหลัง โดยระหว่างทำกิจกรรมให้ผู้เข้ารับการอบรมศึกษาใบความรู้ที่ 1 ไปด้วย 2) เมื่อทำกิจกรรมเสร็จแล้ว ให้ตอบคำถามลงใน ใบงานที่ 1 และเชิญวิทยากรมาตรวจสอบดูสไลด์ที่เตรียมวางอยู่ใต้กล้องจุลทรรศน์ หมายเหตุ วิทยากรอาจสาธิตวิธีการเตรียมปลายรากหอมและเก็บรักษาลายรากหอมในสารละลาย Clark's fluid ซึ่งต้องมีการเตรียมล่วงหน้าก่อนนำมาใช้ในการทำปฏิบัติการ 3) วิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส พร้อมกับศึกษาใบความรู้ที่ 2 ร่วมกัน 4) เมื่อทำกิจกรรมเสร็จแล้ว ให้ตอบคำถามลงใน ใบงานที่ 2 จากนั้นวิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมเปรียบเทียบผลจากการทำกิจกรรมที่ 2 กับกลุ่มต่าง ๆ และส่งตัวแทนมานำเสนอผลงานหน้าชั้น	- ใบงานที่ 1 - ใบความรู้ที่ 1 - วัสดุอุปกรณ์ในใบกิจกรรมที่ 1 - ใบงานที่ 2 - ใบความรู้ที่ 2 - วัสดุอุปกรณ์ในใบกิจกรรมที่ 2	- จากการเตรียมสไลด์และการหาระยะต่าง ๆ ในการแบ่งเซลล์ - ตอบคำถามในใบงานที่ 1 - จากผลงานการปั้นดินน้ำมัน - การตอบคำถามลงในใบงานที่ 2

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
3. ขึ้นสรุป วิทยากรใช้ภาพวาดและภาพถ่ายการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมเปรียบเทียบภาพที่เห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และผลงานที่ได้จากการปั่นดินน้ำมัน เพื่อสรุปว่า ภาพที่เห็นเป็นการแบ่งเซลล์แบบใด มีกระบวนการแบ่งเซลล์อย่างไร		

การประเมินผล

รายการประเมินผล	เกณฑ์การให้คะแนน (คะแนนเต็ม 16 คะแนน)	เครื่องมือ
การมีส่วนร่วมในกิจกรรม	คะแนนเต็ม 3 คะแนน โดย - 1.5 คะแนน เมื่อมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมที่ 1 - 1.5 คะแนน เมื่อมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมที่ 2	
ชิ้นงาน ชิ้นงานเดี่ยว - การเตรียมสไลด์ตัวอักษร - การเตรียมสไลด์น้ำจากสระ - การใช้กล้องจุลทรรศน์ ชิ้นงานกลุ่ม - การปั่นดินน้ำมันของการแบ่งเซลล์ในระยะไมโอซิส I และไมโอซิส II	คะแนนเต็ม 4 คะแนน โดย - 2 คะแนน จากการเตรียมสไลด์ไมโทซิส ให้เห็นระยะเมทาเฟส - 2 คะแนน จากการเตรียมสไลด์ไมโทซิส ให้เห็นระยะแอนาเฟส คะแนนเต็ม 6 คะแนน โดย - 3 คะแนน จากการปั่นดินน้ำมันของการแบ่งเซลล์ในระยะไมโอซิส I - 3 คะแนน จากการปั่นดินน้ำมันของการแบ่งเซลล์ในระยะไมโอซิส II	

รายการประเมินผล	เกณฑ์การให้คะแนน (คะแนนเต็ม 16 คะแนน)	เครื่องมือ
การนำเสนอผลงาน กิจกรรมที่ 1 ใบงานที่ 1 กิจกรรมที่ 2 ใบงานที่ 2	คะแนนเต็ม 3 คะแนน โดย - 1 คะแนน จากการตอบคำถามในใบงานที่ 1 - 2 คะแนน จากการนำเสนอผลงานชิ้นดินน้ำมันและตอบคำถามในใบงานที่ 2	คำถามในกิจกรรมที่ 1 ใบงานที่ 1 – 2

เอกสารประกอบแผนการอบรม

ใบกิจกรรมที่ 1

เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

วัตถุประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถ

1. ทำปฏิบัติการการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของปลายรากหอมตามขั้นตอนต่าง ๆ ได้ถูกต้อง
2. สังเกต บันทึกและอธิบายลักษณะของเซลล์ที่เกิดจากการแบ่งแบบไมโทซิสจากกล้องจุลทรรศน์
3. เปรียบเทียบการแบ่งเซลล์ระยะต่าง ๆ ที่เห็นจากกล้องจุลทรรศน์กับภาพถ่ายได้ถูกต้อง

สื่อ – อุปกรณ์

1. ขวดปากกว้าง หรือปิกเกอร์ขนาด 50 cm³ ที่มีน้ำบรรจุอยู่
2. ใบมีดโกน
3. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์
4. กล้องจุลทรรศน์
5. สไลด์ และกระจกปิดสไลด์
6. เข็มเย็บ พู่กัน
7. หลอดหยด
8. กระดาษเยื่อ
9. ดินสอชนิดที่มียางลบ
10. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 10%
11. สีอะซิโตนคาร์เม้น เข้มข้น 0.5% (หรือใช้สีจากข้าวเหนียวดำ)
12. สารละลาย Clark's fluid
13. หอมแดง หรือหอมหัวใหญ่

วิธีการ

ขั้นที่ 1 การเตรียมการล่วงหน้าก่อนปฏิบัติการ

1. เพาะหอมแดงหรือหอมหัวใหญ่โดยวางบนปากขวดปากกว้าง หรือวางบนปิกเกอร์ที่มีน้ำอยู่จนรากงอกประมาณ 1 – 2 cm
2. ตัดปลายรากหอมใส่ลงในขวดแก้วที่มีฝาปิดสนิท ภายในบรรจุสารละลาย Clark's fluid ซึ่งเตรียมได้โดยผสมเอทิลแอลกอฮอล์ 75 cm³ กับกรดแอซิดิก 25 cm³ สามารถเก็บปลายรากหอมไว้ใช้ทำปฏิบัติการได้นาน 1 – 2 ปี



ขั้นที่ 2 การศึกษาการแบ่งเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

1. ตัดปลายรากหอมให้ได้ความยาวประมาณ 0.5 cm นำมาวางบนสไลด์ หยดกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 10% ให้ท่วม
2. ผ่านสไลด์ไปมาบนเปลวไฟ 3 – 4 ครั้ง ระวังอย่าให้กรดไฮโดรคลอริกแห้ง ล้างกรดออกโดยการหยดน้ำกลั่นลงบนสไลด์แล้วเทออก 2 – 3 ครั้ง
3. ซับน้ำออกจากสไลด์ให้แห้งแล้วหยดสียอะซีโทคาร์มิน ผ่านสไลด์บนเปลวไฟ ระวังอย่าให้สีเดือดและแห้ง ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์
4. ใช้ปลายดินสอด้านที่มียางลบติดอยู่กดเบา ๆ บนกระจกปิดสไลด์เพื่อให้เซลล์กระจาย แล้วซับบริเวณข้าง ๆ กระจกปิดสไลด์ให้แห้ง
5. ศึกษาลักษณะของรากหอมที่อยู่บนสไลด์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยใช้เลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยายต่ำสุด เลือkBริเวณในสไลด์ที่เห็นนิวเคลียสลักษณะต่าง ๆ กัน แล้วจึงใช้เลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยายสูงขึ้น (40X) จนมองเห็นภาพชัดเจน สังเกตความแตกต่างของเซลล์แต่ละเซลล์
6. ให้หาระยะของการแบ่งเซลล์ 2 ระยะ คือ เมทาเฟสและแอนาเฟส จากนั้นให้วิทยากรมาตรวจให้คะแนน

ใบกิจกรรมที่ 2

เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

วัตถุประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถ

1. สร้างแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสโดยใช้ดินน้ำมันตามระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์ได้ถูกต้อง

สื่อ – อุปกรณ์

1. ดินน้ำมัน 4 สี เช่น แดง ชมพู น้ำเงิน และฟ้า
2. กระดาษสติกเกอร์สีขาว
3. ใบงานที่ 2

วิธีการ

1. ผู้เข้ารับการอบรมทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อทำโจทย์คำถามการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส
2. นำดินน้ำมันมาปั้นแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสในระยะต่าง ๆ ตามโจทย์ที่แต่ละกลุ่มได้รับ โดยกำหนดให้
 - 2.1 ดินน้ำมันสีเข้มแทนโครโมโซมที่ได้จากพ่อ ดินน้ำมันสีอ่อนแทนโครโมโซมที่ได้จากแม่
 - 2.2 กำหนดให้ดินน้ำมันสีต่าง ๆ แทนฮอมอโลกัสโครโมโซมที่มียีนต่าง ๆ ดังตาราง

สีของดินน้ำมัน	ยีนบนฮอมอโลกัสโครโมโซม	
แดง/ ชมพู	สีขน	ลักษณะขน
	สีน้ำตาล (A)	ขนหยิก (B)
	สีดำ (a)	ขนตรง (b)
น้ำเงิน/ ฟ้า	สีตา	ลักษณะตา
	สีฟ้า (C)	ตากลมใหญ่ (D)
	สีเขียว (c)	ตาเรียวเล็ก (d)

- 2.3 ใช้กระดาษสติกเกอร์สีขาวเขียนยีนและติดลงบนดินน้ำมัน ตามตำแหน่งต่าง ๆ ในโจทย์
3. เขียนยีนบนโครโมโซมแต่ละแท่งที่ได้จากกระบวนการไมโอซิสในเซลล์ใหม่แต่ละเซลล์ลงในใบงานที่ 6 ข้อที่ 3
4. นำมาเสนอและเปรียบเทียบผลงานที่ได้กับผู้เข้ารับการอบรมกลุ่มอื่น ๆ (ใบงานที่ 2 ข้อที่ 2)



5. โจทย์ที่กำหนดให้แต่ละกลุ่มมีดังนี้ ให้ผู้เข้ารับการอบรม แต่ละกลุ่มเลือกโจทย์ (พยายามให้ไม่ซ้ำกัน) แล้วบันทึกโจทย์ลงในใบงานที่ 2

	ฮอมอโลกัสโครโมโซม 1	ฮอมอโลกัสโครโมโซม 2
โจทย์ที่ 1	พ่อ แม่	พ่อ แม่
โจทย์ที่ 2	พ่อ แม่	พ่อ แม่
โจทย์ที่ 3	พ่อ แม่	พ่อ แม่
โจทย์ที่ 4	พ่อ แม่	พ่อ แม่
โจทย์ที่ 5	พ่อ แม่	พ่อ แม่

หมายเหตุ : ในระยะโพรเฟส I ให้ฮอมอโลกัสโครโมโซมเกิด crossing over อย่างน้อย 1 ตำแหน่ง

ใบงานที่ 1

เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

ผลการศึกษา

ระยะของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

ระยะ	เห็น/ ไม่เห็น	ชัด/ ไม่ชัด	ชื่อผู้ตรวจ
อินเตอร์เฟส			-
โพรเฟส			-
เมทาเฟส			
แอนาเฟส			
เทโลเฟส			-

จากการศึกษาให้ตอบคำถามต่อไปนี้

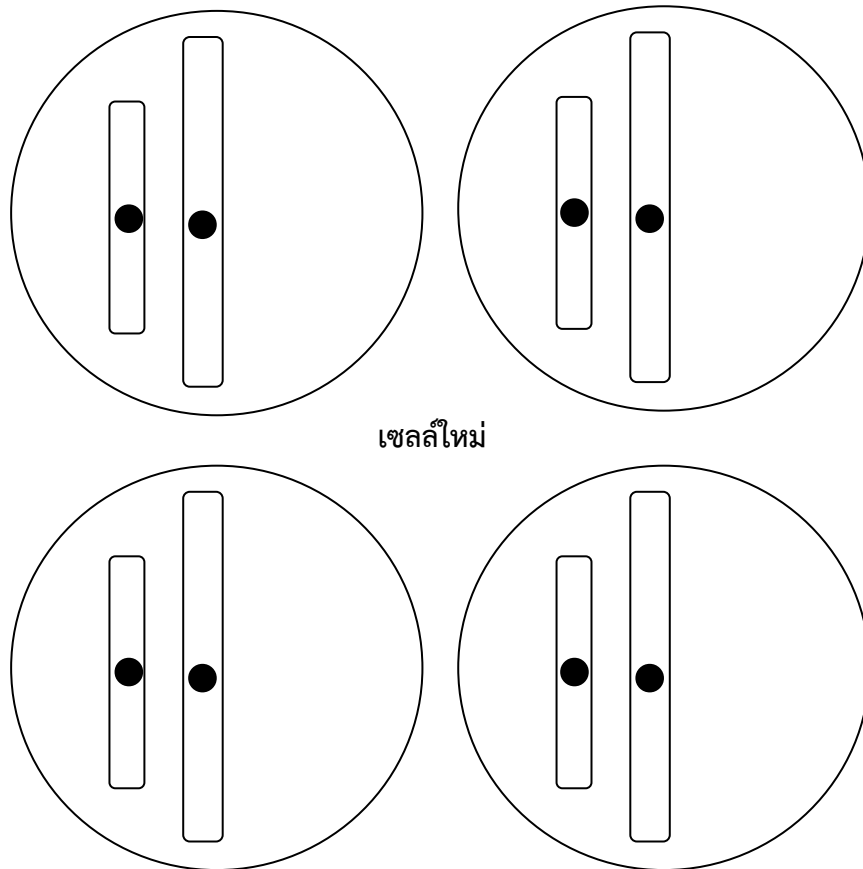
- เซลล์ที่อยู่ในระยะอินเตอร์เฟส นิวเคลียสมีลักษณะอย่างไร ท่านสามารถเห็นนิวคลีโอลัสหรือไม่
.....
.....
- เซลล์ในระยะโพรเฟสเป็นอย่างไร ต่างจากอินเตอร์เฟสหรือไม่ อย่างไร
.....
.....
- ในระยะเมทาเฟส ท่านสามารถเห็นโครโมโซมเป็นเส้นคู่หรือไม่ ลองนับจำนวนโครโมโซมทั้งหมด (ในเซลล์ปกติรากหอม มีจำนวนโครโมโซม $2n = 16$) ท่านสามารถนับจำนวนได้ครบหรือไม่ ถ้าไม่ครบเพราะเหตุใด
.....
.....
- ในระยะแอนาเฟส โครโมโซมรูปร่างเป็นอย่างไร และมีจำนวนเท่าไร
.....
.....
- ในระยะเทโลเฟส โครโมโซมระยะนี้มีลักษณะอย่างไร ในเซลล์พืชแผ่นกั้นเซลล์ (cell plate) เริ่มเกิดขึ้นที่บริเวณตำแหน่งใดของเซลล์
.....
.....



ใบงานที่ 2

เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

1. โจทย์ที่ท่านได้รับคือโจทย์ที่
2. ปั่นดินน้ำมันเป็นระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสดังนี้
 อินเตอร์เฟส โพรเฟส I เมทาเฟส I แอนาเฟส I และ เทโลเฟส I
 แบ่งไซโทพลาซึม โพรเฟส II เมทาเฟส II แอนาเฟส II และ เทโลเฟส II
3. เขียนรูปแบบของยีนบนโครโมโซมแต่ละแท่งที่ได้จากกระบวนการไมโอซิสในเซลล์ใหม่แต่ละเซลล์



ใบความรู้ที่ 1

เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นกระบวนการที่พบได้ในการแบ่งเซลล์ร่างกาย (somatic cell) เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ในขณะที่มีการเจริญเติบโต และในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวเพื่อการสืบพันธุ์ ผลจากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส จะได้เซลล์ที่มีโครโมโซมครบสมบูรณ์เหมือนเซลล์ตั้งต้นทุกประการ โดยเริ่มต้นตั้งแต่ระยะที่เซลล์มีการเตรียมพร้อมก่อนที่จะแบ่งนิวเคลียสและไซโทพลาซึม เรียกว่าระยะอินเตอร์เฟส (interphase) ซึ่งเป็นระยะที่เซลล์มีนิวเคลียสขนาดใหญ่ และมีการเปลี่ยนแปลงของเซลล์อย่างต่อเนื่อง โดยแบ่งการเปลี่ยนแปลงเป็น 3 ระยะย่อย คือ ระยะจี 1 (G₁ phase) เป็นระยะที่เซลล์มีขนาดใหญ่มีการสังเคราะห์สารต่าง ๆ ขึ้นมาเพื่อเตรียมพร้อมที่จะมีการจำลอง DNA ระยะเอส (S phase) เป็นระยะที่มีการจำลองตัวของ DNA เพิ่มขึ้นอีกชุดหนึ่ง ซึ่ง DNA ในระยะนี้จะมีลักษณะเป็นเส้นใยโครมาติน (chromatin) กระจายอยู่เต็มนิวเคลียสทำให้ไม่สามารถเห็นโครโมโซมในระยะอินเตอร์เฟส และระยะจี 2 (G₂ phase) เป็นระยะที่เซลล์มีความพร้อมที่จะแบ่งนิวเคลียสโดยมีการสร้างโปรตีนและออร์แกเนลล์ต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้นในระยะนี้

ระยะที่มีการแบ่งนิวเคลียสจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้น ๆ และตามด้วยการแบ่งไซโทพลาซึมทันที การแบ่งนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสอาจแบ่งออกได้เป็น 4 ระยะ ดังนี้

1. ระยะโพรเฟส (prophase) เป็นระยะที่เริ่มมีการหดตัวบิดเป็นเกลียวของเส้นใยโครมาติน ทำให้แต่ละเส้นหนาขึ้นและหดสั้นลง สามารถสังเกตเห็นเป็นแท่งโครโมโซมได้จากกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา ในช่วงแรกของระยะโพรเฟสจะยังคงเห็นเยื่อหุ้มนิวเคลียส บางส่วนอยู่ทำให้มองเห็นนิวเคลียสได้ชัดเจน แต่ในช่วงปลายของระยะโพรเฟสเยื่อหุมนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสจะมีการสลายตัวไป เซลล์ในระยะโพรเฟสจะมีการสร้างเส้นใยสปินเดิล (spindle fiber) ขึ้นในไซโทพลาซึมที่ปลายของเซลล์แต่ละด้าน
2. ระยะเมทาเฟส (metaphase) เป็นระยะที่เยื่อหุมนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสมีการสลายตัวอย่างสมบูรณ์ โครโมโซมหดตัวมากขึ้นทำให้มีขนาดใหญ่และสั้นลงมาก สามารถเคลื่อนที่ได้สะดวก มีการสร้างเส้นใยสปินเดิลอย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะยึดกับแท่งโครโมโซมที่โปรตีนไคเนโทคอร์ (kinetochore) ที่อยู่บริเวณเซนโทรเมียร์ (centromere) จากนั้นเส้นใยสปินเดิลจะเคลื่อนที่เพื่อจัดเซนโทรเมียร์ของโครโมโซมแต่ละแท่งให้อยู่ตรงกึ่งกลางของเซลล์ในแนวระนาบเดียวกัน เรียกว่า เมทาเฟสเพลท (metaphase plate) ในระยะเมทาเฟสเป็นระยะที่เหมาะสมกับการศึกษาเกี่ยวกับรูปร่างหรือลักษณะของโครโมโซม เช่นการทำ คาร์ิโอไทป์ (karyotype)
3. ระยะแอนาเฟส (anaphase) เป็นระยะที่เกิดขึ้นรวดเร็วสังเกตได้ยาก ในระยะนี้โครโมโซมที่เรียงอยู่บริเวณเมทาเฟสเพลทจะถูกดึงแยกออกจากกันจากการหดตัวของเส้นใยสปินเดิล ทำให้เกิดการแยกโครมาทิดของแต่ละโครโมโซมไปในทิศทางตรงกันข้าม ระยะแอนาเฟสจะสิ้นสุดเมื่อ โครมาทิดของโครโมโซมแต่ละชุดเคลื่อนที่ไปยังขั้วเซลล์ครบสมบูรณ์ทั้งชุดแล้ว ดังนั้นโครมาทิดที่ถูกดึงออกมาจะกลายเป็นโครโมโซมของเซลล์ใหม่

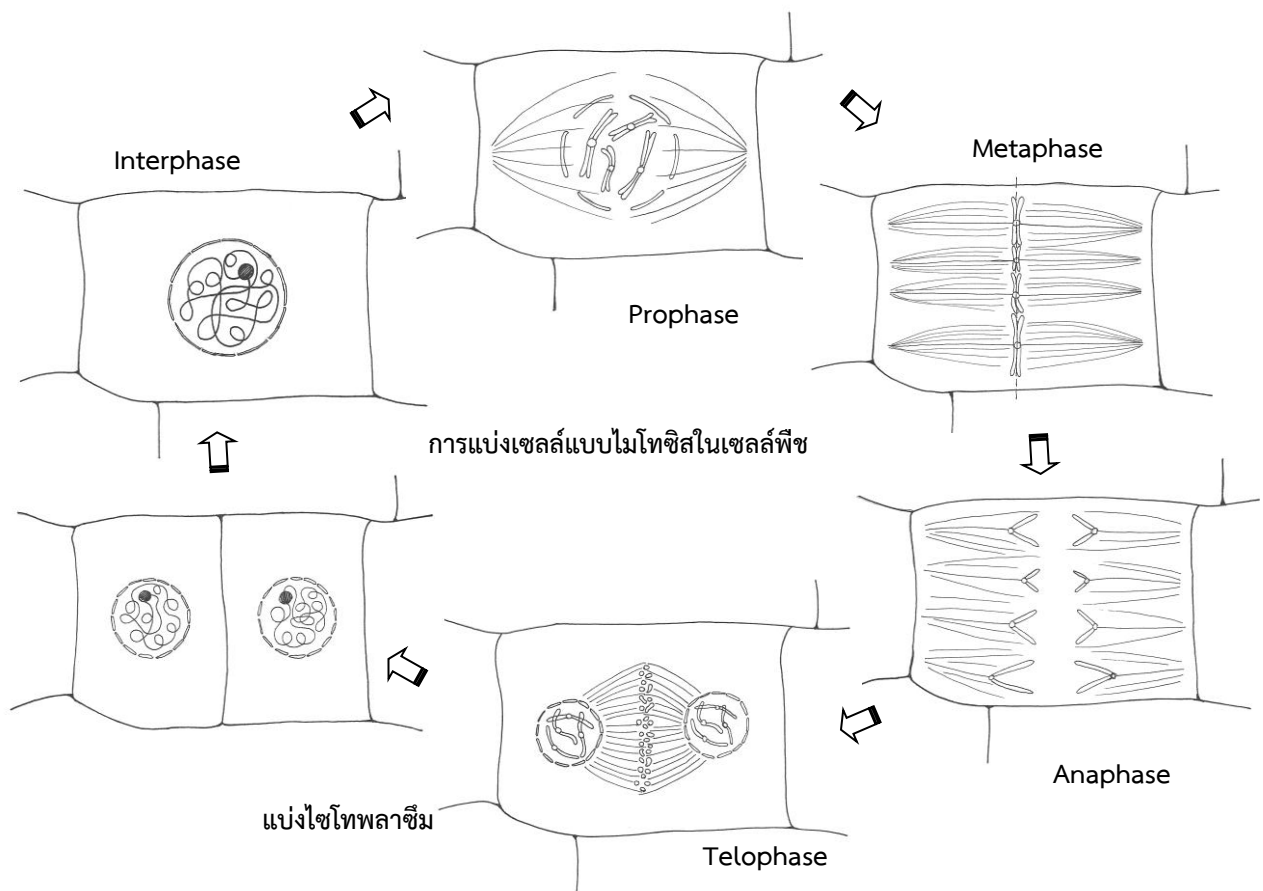
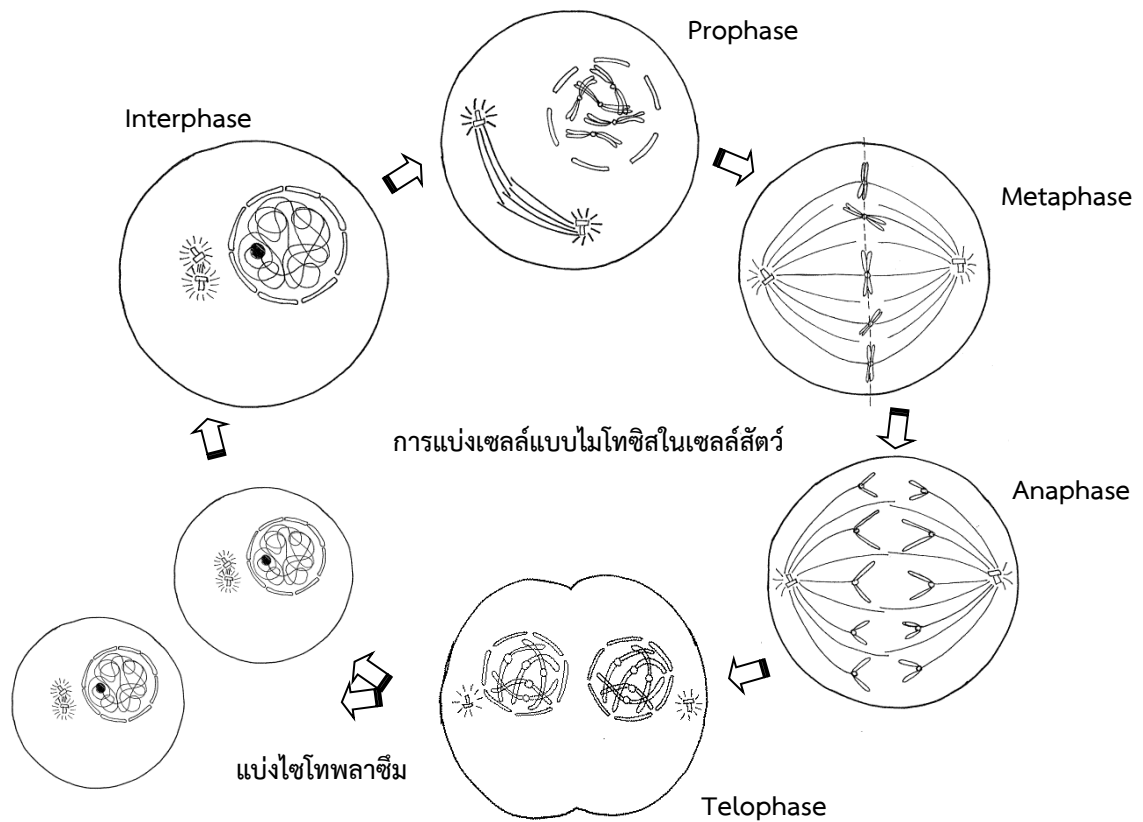


4. ระยะเทโลเฟส (telophase) เป็นระยะสุดท้ายของการแบ่งนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส โครโมโซมที่อยู่ตรงขั้วเซลล์แต่ละเซลล์จะหยุดการเคลื่อนที่เนื่องจากการสลายตัวของเส้นใยสปินเดิล โครโมโซมเริ่มยืดยึดตัวออกเป็นเส้นใยโครมาทินจากการคลายเกลียว มีการสร้างเยื่อหุ้มนิวเคลียสรอบเส้นใยโครมาทิน รวมทั้งเริ่มสร้างนิวคลีโอลัส

ในช่วงปลายของการแบ่งนิวเคลียสของระยะเทโลเฟสจะมีการแบ่งไซโทพลาสซึมตามมาทันทีซึ่งถือเป็นระยะสุดท้ายของการแบ่งเซลล์และได้เป็นเซลล์ใหม่ 2 เซลล์เมื่อการแบ่งไซโทพลาสซึมสมบูรณ์ การแบ่งไซโทพลาสซึมของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์จะมีความแตกต่างกันดังนี้

- ในเซลล์สัตว์จะมีไมโครฟิลาเมนต์ (microfilament) มาเกาะที่เยื่อหุ้มเซลล์บริเวณระหว่างนิวเคลียส จากนั้นไมโครฟิลาเมนต์จะหดตัว แล้วดึงให้เยื่อหุ้มเซลล์เว้าเกิดเป็นบริเวณกึ่งกลางเซลล์จนกระทั่งเยื่อหุ้มเซลล์ทั้ง 2 ด้านมาจรดกันเกิดการคอดและการขาดได้เป็นเซลล์ใหม่ 2 เซลล์
- ในเซลล์พืชจะมีการสร้างแผ่นกั้นเซลล์ (cell plate) ซึ่งเกิดจากเวสิเคิลเล็ก ๆ ที่สร้างจากกอลจิคอมเพล็กซ์ มาเรียงตัวกันบริเวณกึ่งกลางระหว่างนิวเคลียส จากนั้นเวสิเคิลเหล่านี้จะค่อย ๆ หลอมรวมกันจนกลายเป็นชั้นของ middle lamella การสร้างแผ่นกั้นเซลล์จะเริ่มสร้างจากบริเวณกึ่งกลางแล้วจึงขยายไปทางด้านบนและล่างจนถึงขอบของผนังเซลล์ ต่อมาจะมีการสร้างเซลลูโลสสะสมที่ผนังกั้นเซลล์เกิดเป็นผนังเซลล์ใหม่กั้นเซลล์เดิมออกเป็น 2 เซลล์

จะเห็นได้ว่าการแบ่งเซลล์เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องกัน จากระยะที่เซลล์เตรียมความพร้อมก่อนการแบ่งเซลล์ จนถึงการแบ่งนิวเคลียสและไซโทพลาสซึมเสร็จสิ้น เรียกว่า วัฏจักรเซลล์ (cell cycle) ซึ่งพบได้เฉพาะการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส



การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสในเซลล์สัตว์ และเซลล์พืช



ใบความรู้ที่ 2

เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเป็นกระบวนการที่พบได้ในการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในสัตว์หรือการสร้างสปอร์ในพืช ผลจากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะได้นิวเคลียสที่มีการลดจำนวนโครโมโซมลงครึ่งหนึ่ง โดยปกติเซลล์ร่างกายจะมีโครโมโซมอยู่เป็นคู่ เรียก ฮอมอโลกัสโครโมโซม (homologous chromosome) ฮอมอโลกัสโครโมโซมนี้ได้มาจากไซโกตซึ่งเกิดจากการปฏิสนธิของเซลล์ไข่และสเปิร์ม จึงได้โครโมโซมที่ควบคุมลักษณะเดียวกัน 2 ชุด หรือ $2n$ เรียกว่าเซลล์ดิพลอยด์ (diploid cell) ดังนั้นเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตที่เป็นดิพลอยด์จึงต้องมีกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเพื่อให้เซลล์ไข่และสเปิร์ม มีโครโมโซมลดลงเหลือ 1 ชุด หรือ n เรียกว่าเซลล์แฮพลอยด์ (haploid cell) เมื่อเซลล์สืบพันธุ์ทั้ง 2 มารวมกันจะทำให้เกิดเซลล์ใหม่ที่มีโครโมโซมเป็น $2n$ ดั้งเดิม

เมื่อเซลล์ผ่านระยะอินเตอร์เฟสมาแล้วจะเกิดการแบ่งนิวเคลียสและแบ่งไซโทพลาซึมเช่นเดียวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส แต่กระบวนการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิสจะแตกต่างจากการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสเนื่องจากมีการแบ่งนิวเคลียส 2 ครั้ง ซึ่งอาจแบ่งได้เป็นระยะต่าง ๆ ดังนี้

แบ่งนิวเคลียส ครั้งที่ 1 (meiosis I)

1. ระยะโพรเฟส I (prophase I) ในช่วงแรกของระยะโพรเฟส I จะยังคงเห็นเยื่อหุ้มนิวเคลียสบางส่วนและนิวคลีโอลัสอยู่ และเริ่มมีการจับคู่กันของฮอมอโลกัสโครโมโซม แต่ละคู่จึงประกอบไปด้วย 4 โครมาทิดเรียงอยู่ชิดกัน โครมาทิดที่อยู่บนโครโมโซมเดียวกัน เรียกว่า ซิสเทอร์โครมาทิด (sister chromatid) ส่วนโครมาทิดของโครโมโซมคนละแท่งที่อยู่ติดกันเรียกว่า นอนซิสเทอร์โครมาทิด (nonsister chromatid) ระยะโพรเฟส I มักจะเกิดการไขว่กันของ nonsister chromatid ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนส่วนโครมาทิดของฮอมอโลกัสโครโมโซม เรียกกระบวนการนี้ว่า ครอสซิงโอเวอร์ (crossing over) ในช่วงปลายของระยะโพรเฟส I ฮอมอโลกัสโครโมโซมจะเริ่มแยกออกจากกัน จากการดึงของเส้นใยสปินเดิล แต่ยังมีบางส่วนของโครมาทิดที่ยังไขว่ติดกันอยู่ เรียกตำแหน่งที่มีการไขว่กันอยู่นี้ว่า ไคแอสมา (chiasma)
2. ระยะเมทาเฟส I (metaphase I) เป็นระยะที่ฮอมอโลกัสโครโมโซมเคลื่อนที่มายู่ตามแนวเมทาเฟสเพลท โดยเส้นใยสปินเดิลจะดึงบริเวณเซนโทรเมียร์ของโครโมโซมแต่ละคู่ให้หันไปยังขั้วของเซลล์

3. ระยะแอนาเฟส I (anaphase I) เป็นระยะที่ฮอมอโลกัสโครโมโซมถูกแยกออกจากกันไปยังด้านตรงข้ามของแต่ละเซลล์ เรียกกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้ว่า ดิสจังก์ชัน (disjunction) การดึงของเส้นใยสปินเดิลในระยะแอนาเฟส I นี้ยังทำให้โครโมโซมแต่ละแท่งประกอบด้วย 2 โครมาทิดอยู่
4. ระยะเทโลเฟส I (telophase I) เป็นระยะที่โครโมโซมที่แยกไปอยู่ในแต่ละด้านของเซลล์เริ่มมีการคลายเกลียวและเริ่มมีการสร้างเยื่อหุ้มนิวเคลียสล้อมรอบจนเห็นเป็น 2 นิวเคลียส ในระยะนี้โครโมโซมจะลดลงครึ่งหนึ่ง (n) จากเซลล์เริ่มต้น ($2n$)

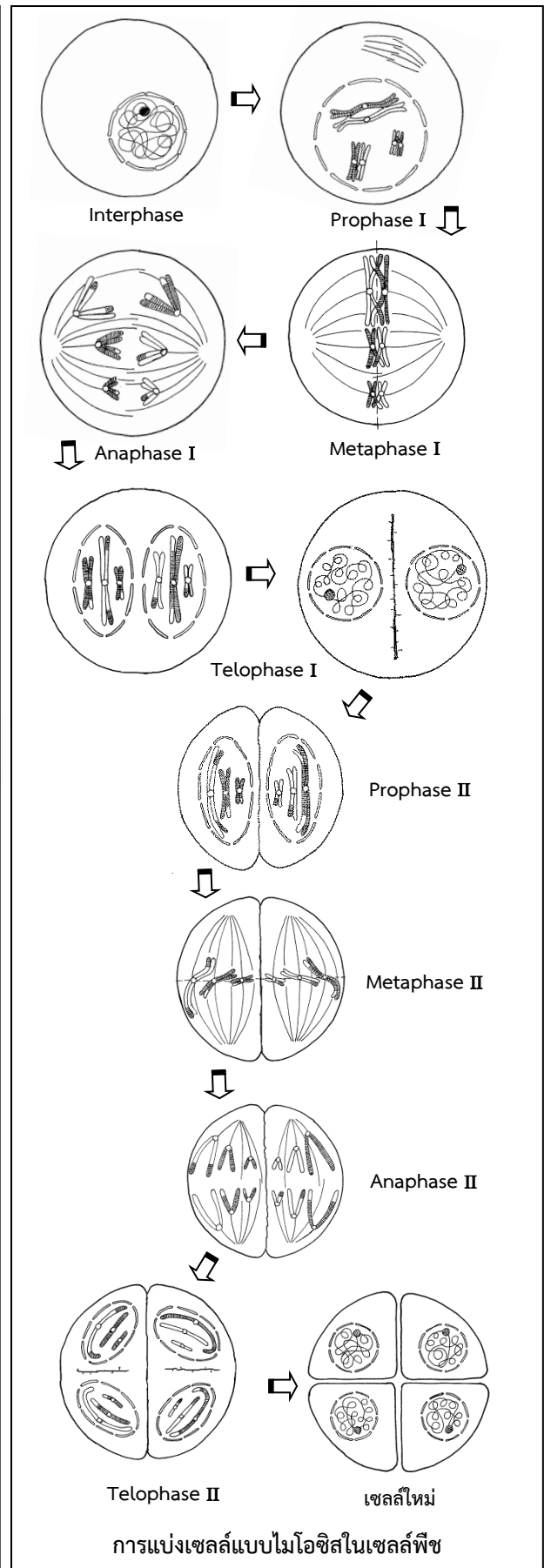
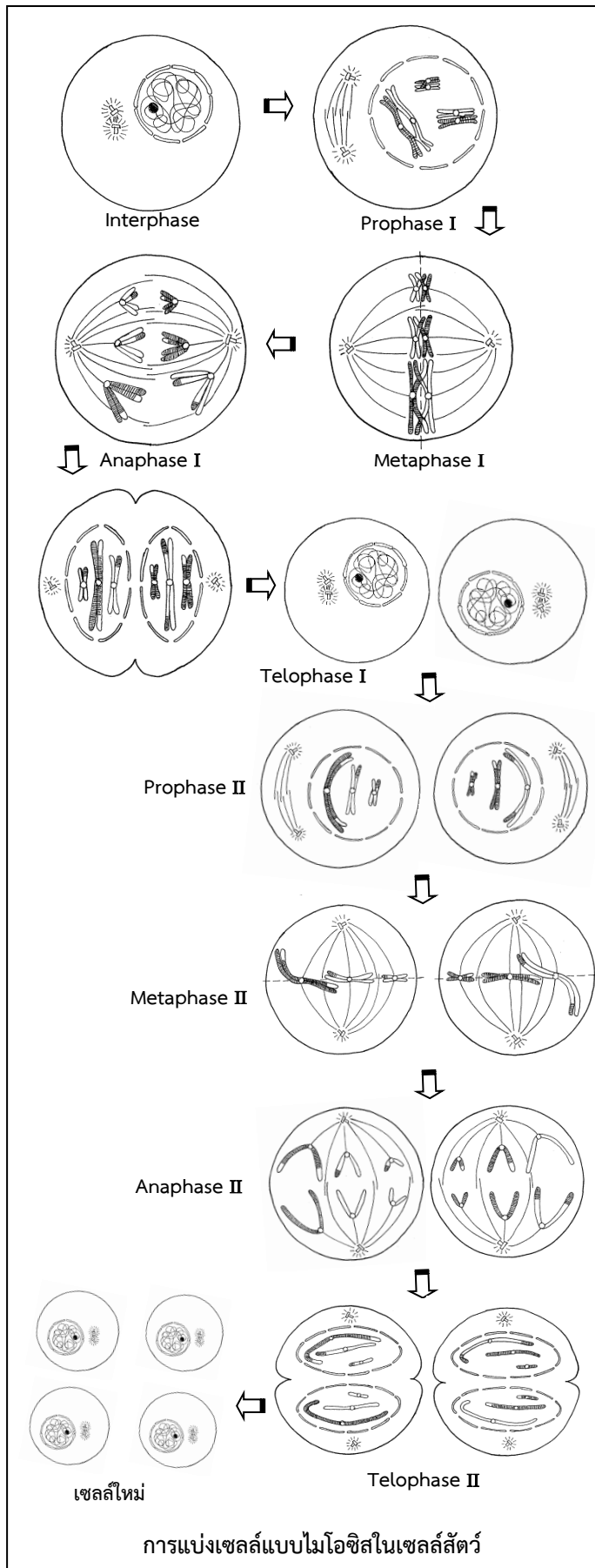
หลังจากระยะเทโลเฟส I เซลล์จะเกิดการแบ่งไซโทพลาซึมเช่นเดียวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสทั้งในเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ ทำให้ได้เซลล์ 2 เซลล์ที่มีขนาดเท่ากัน แต่อาจจะมีบางเซลล์ที่ไม่เกิดการแบ่งไซโทพลาซึมขึ้นได้ จากนั้นเซลล์ทั้ง 2 เซลล์จะมีการเตรียมพร้อมเพื่อการแบ่งนิวเคลียสครั้งที่ 2 ต่อไป ซึ่งการเตรียมพร้อมของเซลล์จะแตกต่างจากระยะอินเตอร์เฟสเนื่องจากไม่มีการจำลองตัวเองของโครโมโซมเกิดขึ้น

แบ่งนิวเคลียส ครั้งที่ 2 (meiosis II) จะเกิดการแบ่ง 4 ระยะเช่นเดียวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

1. ระยะโพรเฟส II (prophase II) เป็นระยะที่มีการหดตัวบิดเป็นเกลียวของเส้นใยโครมาทิน จนเห็นเส้นหนาขึ้นและหดสั้นลงเป็นแท่งโครโมโซม
2. ระยะเมทาเฟส II (metaphase II) เป็นระยะที่เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสมีการสลายตัวอย่างสมบูรณ์ โครโมโซมแต่ละแท่งอยู่ในแนวเมทาเฟสเพลท
3. ระยะแอนาเฟส II (anaphase II) เป็นระยะที่โครโมโซมที่เรียงอยู่ในแนวเมทาเฟสเพลทถูกดึงแยกออกจากกัน และเคลื่อนที่ไปยังขั้วเซลล์แต่ละข้าง
4. ระยะเทโลเฟส II (telophase II) เป็นระยะที่โครโมโซมเริ่มคลายเกลียวกลายเป็นเส้นใยโครมาทิน เริ่มสร้างนิวคลีโอลัสและสร้างเยื่อหุ้มนิวเคลียสรอบเส้นใยโครมาทิน ทำให้เห็นขอบเขตของนิวเคลียสเป็น 4 นิวเคลียส

หลังจากระยะเทโลเฟส II เซลล์จะเกิดการแบ่งไซโทพลาซึมเช่นเดียวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสทั้งในเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ แต่จะได้เซลล์ใหม่ 4 เซลล์ในสัตว์หรือ 4 สปอร์ในพืช แต่ละเซลล์หรือสปอร์จะมีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่ง และสารพันธุกรรมในเซลล์ใหม่แต่ละเซลล์ที่ได้มาจากเซลล์พ่อแม่และเซลล์แม่ไม่จำเป็นต้องเหมือนกันทั้ง 4 เซลล์ รวมทั้งในกรณีที่เกิดครอสซิงโอเวอร์เซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้นแต่ละเซลล์ก็อาจได้ลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างไปจากทั้งเซลล์พ่อแม่และเซลล์แม่ด้วย





เรื่อง การสำรวจระบบนิเวศ

แผนการอบรม

แผนการอบรมครูชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สำหรับครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่

เรื่อง การสำรวจระบบนิเวศ

เวลา 6 ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบนิเวศ ความหลากหลายของระบบนิเวศ และไบโอม
2. อธิบายและสรุปความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตภายในระบบนิเวศ

สาระสำคัญ

ระบบนิเวศ (ecosystem) เป็นระบบที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม โครงสร้างของระบบนิเวศประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนได้แก่ ปัจจัยทางกายภาพ (physical factor) และปัจจัยทางชีวภาพ (biological factor) บทบาทขององค์ประกอบภายในระบบนิเวศได้แก่ การถ่ายทอดพลังงาน (energy flow) และการหมุนเวียนสาร (nutrient cycling)

สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศย่อมมีความสัมพันธ์กันกับปัจจัยต่าง ๆ ทั้งความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับปัจจัยทางกายภาพ เช่น การต้องการแสงเพื่อใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช การต้องการแก๊สออกซิเจนเพื่อใช้ในการหายใจของสิ่งมีชีวิต ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับปัจจัยทางชีวภาพ สามารถจัดประเภทของความสัมพันธ์ได้หลายรูปแบบ เช่น ภาวะพึ่งพาอาศัยกัน (mutualism) การได้ประโยชน์ร่วมกัน (protocooperation) ภาวะอิงอาศัย (commensalism) การล่าเหยื่อ (predation) ภาวะปรสิต (parasitism) ภาวะแก่งแย่งแข่งขัน (competition) เป็นต้น

ระบบนิเวศแบ่งตามลักษณะของแหล่งที่อยู่อาศัย (habitat) ได้เป็น 2 ระบบ คือ ระบบนิเวศบนบก (terrestrial ecosystem) และระบบนิเวศในน้ำ (aquatic ecosystem) ระบบนิเวศทั้งสองแบบนี้ต่างก็มีความหลากหลายขึ้นอยู่กับสภาพของภูมิศาสตร์และสภาพภูมิประเทศ ระบบนิเวศที่มีความคล้ายคลึงกันทั้งปัจจัยกายภาพและปัจจัยทางชีวภาพที่อยู่กระจัดกระจายตามเขตภูมิศาสตร์ต่าง ๆ ทั่วโลกนั้น เรียกว่า ไบโอม (biomes)

ความรู้พื้นฐาน

1. เซลล์และกล้องจุลทรรศน์
2. การจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่
3. ระบบนิเวศ



สื่อการเรียนรู้

1. เอกสารประกอบการอบรม 1: ใบกิจกรรมที่ 1 – 3
2. เอกสารประกอบการอบรม 2: ใบงานที่ 1 – 3
3. เอกสารประกอบการอบรม 3: ใบความรู้ที่ 1 – 3
4. กล้องจุลทรรศน์ และวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ
5. ภาพประกอบกิจกรรมที่ 1 – 3
6. โสตทัศนอุปกรณ์ Computer และ LCD projector

แนวทางการจัดกิจกรรม

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน 1) วิทยากรนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถาม ถามผู้เข้ารับการอบรมว่า แหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติในประเทศไทยที่ท่านประทับใจมากที่สุด ได้แก่สถานที่ใด และเพราะเหตุใด โดยให้ผู้เข้ารับการอบรมตอบในกระดาษที่แจกให้ 2) วิทยากรรวบรวมคำตอบของผู้เข้ารับการอบรม แล้วแจกแจงรายการบนกระดานดำ จากนั้นให้ผู้เข้ารับการอบรมสรุปว่า ในบรรดาแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติในประเทศไทยที่ผู้เข้ารับการอบรมประทับใจมากที่สุดนั้น สามารถจัดจำแนกเป็นระบบนิเวศอะไรได้บ้าง		- การตอบคำถามของผู้เข้ารับการอบรม
2. ชี้นสอน 1) วิทยากรทบทวนความรู้เกี่ยวกับระบบนิเวศให้แก่ผู้เข้ารับการอบรม โดยใช้คำถามถามว่า - ระบบนิเวศแบ่งได้กี่ประเภท อะไรบ้าง - องค์ประกอบที่สำคัญภายในระบบนิเวศประกอบด้วยอะไรบ้าง - ระบบนิเวศในธรรมชาติจะสมดุลได้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง	- วัสดุอุปกรณ์ ในกิจกรรมที่ 1	

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
2) วิทยากรอธิบายวิธีการทำกิจกรรมว่าในการเลือกพื้นที่สำรวจระบบนิเวศ ถ้าเป็นไปได้ให้เลือกพื้นที่ที่สามารถทำกิจกรรมสำรวจระบบนิเวศบนบก และระบบนิเวศในน้ำได้ในบริเวณเดียวกัน จากนั้นสาธิตการใช้เครื่องมือในการสำรวจระบบนิเวศบางชนิด เช่น เดนซิโอมิเตอร์ เซคคิติดิสก์ ถังลากแพลงก์ตอน ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ เป็นต้น 3) ให้ผู้เข้ารับการอบรมทำกิจกรรมที่ 1 ดังนี้ 3.1 การสำรวจระบบนิเวศบนบก เริ่มจากการศึกษาปัจจัยทางกายภาพโดย 3.1.1 สำรวจสภาพแวดล้อมโดยทั่วไปรอบ ๆ บริเวณนั้น จากการสัมผัส มองเห็น หรือได้กลิ่น เช่น ฝุ่น ละออง ควัน เหม่า กลิ่น เสียง กองขยะ สภาพการจราจร และสิ่งก่อสร้าง เป็นต้น แล้วบันทึกผล 3.1.2 สังเกตลักษณะของดินว่าเป็นดินร่วน ดินทราย หรือดินเหนียว และสี กลิ่น ความชื้น ตลอดจนสิ่งปนเปื้อนในดินบริเวณนั้น แล้วบันทึกผล 3.1.3 วัดอุณหภูมิของอากาศในบริเวณที่ศึกษาอย่างน้อย 3 จุด นำมาหาค่าเฉลี่ยแล้วบันทึกผล 3.1.4 วัดอุณหภูมิและวัดค่าความเป็นกรด – เบสของดินชั้นบน ที่ระดับความลึก 5 – 6 เซนติเมตร และที่ระดับผิวดินชั้นล่างที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร และศึกษาปัจจัยทางชีวภาพโดย 3.1.5 สังเกตชนิด จำนวน ลักษณะ และการกระจายของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์บนพื้นดินบันทึกผล 3.1.6 ศึกษาสิ่งมีชีวิตในดิน โดยนำดินที่ขุดในข้อ 3.1.4 มาศึกษา 3.1.7 สำรวจชนิด จำนวน และลักษณะสิ่งมีชีวิตที่อยู่ใต้ขอนไม้ บนต้นไม้ ก้อนหิน ในบริเวณนั้นด้วย		- การรายงานผลการสำรวจระบบนิเวศ (กิจกรรมกลุ่ม) - การตอบคำถามลงในใบงานที่ 1 (กิจกรรมรายบุคคล)



กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
3.1.8 หาความหนาแน่นของประชากรสิ่งมีชีวิตในบริเวณนั้น โดยใช้ กรอบนับประชากรขนาด 50 เซนติเมตร × 50 เซนติเมตร ในการศึกษา 3.1.9 วัดความหนาแน่นของเรือนยอดต้นไม้ในบริเวณที่สำรวจ โดยใช้เดนซิโอมิเตอร์ 3.2 การสำรวจระบบนิเวศในน้ำเริ่มจากการศึกษาปัจจัยทางกายภาพโดย 3.2.1 สำรวจสภาพแวดล้อมโดยทั่วไปรอบ ๆ บริเวณแหล่งน้ำนั้น จากการสัมผัส มองเห็น หรือได้กลิ่น เช่น ร่มเงา การไหลของกระแสน้ำ สภาพของน้ำ ตลอดจนอาคารบ้านเรือน หรือสิ่งก่อสร้างที่อยู่รอบ ๆ หรือบริเวณใกล้เคียงแหล่งน้ำนั้น บันทึกผล 3.2.2 สังเกต สี กลิ่น สิ่งปนเปื้อนใน แหล่งน้ำ บันทึกผล 3.2.3 วัดการส่องผ่านของแสงลงสู่แหล่งน้ำ โดยใช้เซคคิไดส์ 3.2.4 วัดอุณหภูมิและค่าความเป็นกรด – เบสของน้ำที่ผิวน้ำลึกประมาณ 5 – 6 เซนติเมตร และที่ระดับความลึกจากผิวน้ำอย่างน้อย 20 เซนติเมตร (อาจวัดในระดับที่ลึกกว่า 20 เซนติเมตรก็ได้) โดยใช้ขวดเก็บตัวอย่างน้ำเก็บน้ำขึ้นมาวัด อ่านค่าและบันทึกผล และศึกษาปัจจัยทางชีวภาพโดย 3.2.5 สังเกตสิ่งมีชีวิตบนผิวน้ำ ทั้งชนิด จำนวน ลักษณะและการกระจายของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด บันทึกผล 3.2.6 เก็บตัวอย่างพืชที่ลอยน้ำ เช่น สาหร่าย จอกและแหน เป็นต้น มาล้างในภาดพลาสติกที่มีน้ำสะอาด สังเกตลักษณะและจำนวนสิ่งมีชีวิตที่ร่วงหล่นอยู่ในภาด บันทึกผล		

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
3.2.7 ใช้ถุงลากแพลงก์ตอนเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนในน้ำเพื่อศึกษาสิ่งมีชีวิตด้วยตาเปล่าและแว่นขยาย ดูหน้าบางส่วนใส่สไลด์หลุมเพื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง บันทึกลักษณะสิ่งมีชีวิตที่พบ 4) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางชีวภาพ โดยนำข้อมูลที่สำรวจปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางชีวภาพทั้งระบบนิเวศบนบก และระบบนิเวศในน้ำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในประเด็นดังต่อไปนี้ - สภาพแวดล้อมโดยทั่วไป ๆ ในบริเวณที่สำรวจที่พบมีความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตที่พบในบริเวณที่สำรวจนั้นหรือไม่ อย่างไร - อุณหภูมิในอากาศและอุณหภูมิในดินที่วัดได้มีความสัมพันธ์กับชนิด ปริมาณ และการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตหรือไม่ อย่างไร - อุณหภูมิที่บริเวณผิวน้ำและที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตรที่วัดได้มีความสัมพันธ์กับชนิด ปริมาณ และการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตหรือไม่ อย่างไร - ค่า pH ที่บริเวณดินชั้นบนและดินชั้นล่าง และที่บริเวณผิวน้ำและที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตรที่วัดได้แตกต่างกันหรือไม่ ถ้าแตกต่างกันมีสาเหตุมาจากอะไรได้บ้าง 5) วิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมทำกิจกรรมที่ 2 เรื่องรูปแบบความสัมพันธ์ของการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตดังนี้ 5.1 การสำรวจหาไลเคนในภาคสนาม ใช้บริเวณเดียวกับที่สำรวจระบบนิเวศ ในกิจกรรมที่ 1 โดยสังเกตบริเวณต้นไม้ ก้อนหิน คอนกรีต หรือสิ่งปลูกสร้าง การสังเกตอาจใช้ตาหรือแว่นขยาย เมื่อพบตัวอย่างไลเคน ให้ปฏิบัติดังนี้	- วัสดุอุปกรณ์ ในกิจกรรมที่ 2	- การตอบคำถามลงในใบงานที่ 1 (กิจกรรมรายบุคคล) - การรายงานผลการศึกษาไลเคน (กิจกรรมกลุ่ม) - การตอบคำถามลงในใบงานที่ 2 (กิจกรรมรายบุคคล)



กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
- ถ้าพบไลเคนบนเปลือกไม้ ให้ใช้มีด หรือคัตเตอร์ เฉือนเปลือกไม้ที่มีไลเคนเกาะติดอยู่ - ถ้าพบไลเคนบนก้อนหินหรือคอนกรีต ให้ใช้มีด ขูดเอาไลเคนออกมา - ห่อไลเคนด้วยกระดาษเยื่อเพื่อดูดซับความชื้น จากเปลือกไม้หรือวัสดุที่ไลเคนยึดเกาะ และเป็นการป้องกัน ความเสียหายของตัวอย่างไลเคนจากแรงกระแทก แล้ว เก็บไลเคนนั้นไว้ในซองใส่ตัวอย่างไลเคน 5.2 การศึกษาไลเคนในห้องปฏิบัติการ นำไลเคนมา ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้ แสงแบบสเตอริโอ บันทึกลักษณะสำคัญของโครงสร้าง ภายนอก เช่น สี ลักษณะผิว รูปร่าง ขนาดของแผ่นแทลลัส 5.3 ศึกษาความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในไลเคน โดย นำไลเคนที่เก็บมาศึกษาด้วยวิธีการขยี้เซลล์ (squash technique) แล้วนำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง แบบธรรมดา วาดภาพที่เห็น 5.4 วิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมสรุปความสัมพันธ์ ของสิ่งมีชีวิต โดยการตั้งคำถามว่า นอกเหนือจากรูปแบบ ความสัมพันธ์ของไลเคนที่ได้ศึกษามาแล้วนี้ ยังมีรูปแบบ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตแบบใดอีกบ้าง 6) วิทยากรเชื่อมโยงความรู้เรื่อง ระบบนิเวศกับไบโอม โดยใช้คำถาม ถามผู้เข้ารับการอบรมว่า - แหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติในโลกที่ท่านอยากไป มากที่สุด ได้แก่สถานที่ใด และเพราะเหตุใด 7) วิทยากรรวบรวมคำตอบของผู้เข้ารับการอบรม เพื่อนำมาจัดกลุ่มข้อมูล แล้วให้ผู้เข้ารับการอบรมสรุป ประเภทของแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาตินั้น แล้วใช้คำถาม ถามผู้เข้ารับการอบรมว่า		

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
- แหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติในประเทศไทยกับในโลกที่ผู้เข้ารับการอบรมเสนอมานั้น มีสถานที่ใดที่มีลักษณะของแหล่งท่องเที่ยวที่คล้ายคลึงกันบ้าง 8) วิทยากรและผู้เข้ารับการอบรมร่วมกันสรุปข้อมูลจากนั้นวิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมทำกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ทัวร์ไปโฮม 8.1 วิทยากรแบ่งผู้เข้ารับการอบรมออกเป็นกลุ่ม ๆ รวม 9 กลุ่ม จากนั้นให้แต่ละกลุ่มจับฉลากเลือกชนิดของไปโฮม 8.2 วิทยากรแจกภาพไปโฮมให้แต่ละกลุ่มตามที่ได้เลือกไว้ จากนั้นชี้แจงแนวทางในการทำกิจกรรมให้แก่ผู้เข้ารับการอบรมดังนี้ - อ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้ - แสดงบทบาทสมมติในการเป็นเจ้าของกิจการทัวร์ นำเสนอแพ็คเกจทัวร์ไปโฮมตามที่ได้แต่ละกลุ่มเลือกมาแล้วตามประเด็นดังนี้ - ชื่อทัวร์.....ประเทศที่ไป.....จำนวนวัน..... - ออกแบบสัญลักษณ์ (logo) ที่สื่อถึงลักษณะเฉพาะของทัวร์ไปโฮมนั้น - ระบุโปรแกรมการท่องเที่ยวที่ครอบคลุมการศึกษาความหลากหลายของพืชและสัตว์ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะไปโฮมนั้น ๆ - บอกลักษณะสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และฤดูกาลที่เหมาะสมที่ควรจะไปท่องเที่ยว การเตรียมตัว (เช่น เครื่องแต่งกาย/ อุปกรณ์การเดินทาง ระบบการรักษาความปลอดภัย เป็นต้น) - อื่น ๆ ที่คิดว่าสามารถดึงดูดใจให้ลูกค้าเลือกซื้อแพ็คเกจทัวร์นี้ได้	- ภาพไปโฮมประเภทต่าง ๆ เช่น ป่าดิบชื้น ป่าผลัดใบในเขตอบอุ่น สะวันนา ป่าสน พุ่มหญ้า เขตอบอุ่น ทะเลทราย ทุนดรา แหล่งน้ำจืด และแหล่งน้ำเค็ม	- การรายงานผลการจัดทัวร์ไปโฮม (กิจกรรมกลุ่ม) - การนำเสนอทัวร์ไปโฮมหน้าชั้นเรียน (กิจกรรมกลุ่ม) - การตอบคำถามลงในใบงานที่ 3 (กิจกรรมรายบุคคล)



กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
8.3 ผู้เข้ารับการอบรมแต่ละกลุ่มนำเสนอแพ็คเกจทัวร์หน้าชั้น เพื่อให้เจ้าของกิจการตัดสินใจเลือกซื้อ 8.4 วิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมสรุปความรู้เรื่องไบโอม ในใบงานที่ 3		
3. ขั้นสรุป วิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมสรุปความสัมพันธ์ระหว่างระบบนิเวศ กับไบโอม โดยให้มีการอภิปรายในชั้นเรียน		- การอภิปรายในชั้นเรียน

การประเมินผล

รายการประเมินผล	เกณฑ์การให้คะแนน (คะแนนเต็ม 21 คะแนน)	เครื่องมือ
การมีส่วนร่วมในกิจกรรม	คะแนนเต็ม 6 คะแนน - 2 คะแนน เมื่อมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมที่ 1 - 2 คะแนน เมื่อมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมที่ 2 - 2 คะแนน เมื่อมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมที่ 3	
ชิ้นงาน ชิ้นงาน 1 เดี่ยว - การเตรียมสไลด์ไลเคน ชิ้นงานกลุ่ม - แพคเกจทัวร์ และสิ่งประดิษฐ์	คะแนนเต็ม 3 คะแนน โดย - 3 คะแนน จากการเตรียมสไลด์ไลเคน คะแนนเต็ม 6 คะแนน โดย - 4 คะแนน จากข้อมูลของแพคเกจทัวร์ - 2 คะแนน จากสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้ประกอบการนำเสนอ	- คำถามในใบงานที่ 3
การนำเสนอผลงาน กิจกรรมที่ 1 ใบงานที่ 1 กิจกรรมที่ 2 ใบงานที่ 2 กิจกรรมที่ 3 ใบงานที่ 3	คะแนนเต็ม 6 คะแนน โดย - 4 คะแนน จากการตอบคำถามในใบงานที่ 1 - 2 คะแนน จากการตอบคำถามในใบงานที่ 2 - 2 คะแนน จากรูปแบบการนำเสนอทัวร์ไบโอม	- คำถามในใบงานที่ 1 – 2

เอกสารประกอบแผนการอบรม

ใบกิจกรรมที่ 1

เรื่อง การสำรวจระบบนิเวศ

วัตถุประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถ

1. ใช้อุปกรณ์ในการสำรวจระบบนิเวศบนบกและระบบนิเวศในน้ำได้ถูกต้อง
2. วิเคราะห์และสรุปความสัมพันธ์ของปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางชีวภาพในระบบนิเวศ

สื่อ – อุปกรณ์

1. วัสดุ – อุปกรณ์สำหรับการสำรวจระบบนิเวศบนบก ประกอบด้วย

1.1 ไม้เมตรหรือตลับเมตร	1.2 เชือกฟาง
1.3 เทอร์มอมิเตอร์	1.4 แวนชยาย
1.5 กรอบนับประชากร	1.6 เครื่องชั่ง
1.7 พลั่วขุดดิน	1.8 เตนซิโอมิเตอร์
1.9 ปีกเกอร์ขนาด 100 cm ³	1.10 แท่งแก้วคนสาร
1.11 ปากคืบ	
1.12 ถาดพลาสติกสีขาวหรือสีอ่อน หรือสีสะท้อนแสง	
1.13 ตะแกรง หรือกระชอน (สำหรับใช้ร่อนดิน)	
1.14 ขวดแก้วหรือขวดพลาสติกที่มีฝาปิด	
1.14 กระต่ายยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์	
1.15 น้ำกลั่น	
2. วัสดุ – อุปกรณ์สำหรับการสำรวจระบบนิเวศในน้ำ ประกอบด้วย

2.1 ไม้เมตรหรือตลับเมตร	2.2 เทอร์มอมิเตอร์
2.3 แวนชยาย	2.4 เซคคิติดิสก์
2.5 ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ	2.6 ปากคืบ/ หลอดหยด
2.7 ถูกลากแพลงก์ตอน	2.8 แท่งแก้วคนสาร
2.9 ถาดพลาสติกสีขาวหรือสีอ่อน หรือสีสะท้อนแสง	
2.10 กระต่ายยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์	
2.11 สไลด์หลุมและกระจกปิดสไลด์	
2.12 กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา	
3. ใบงานที่ 1
4. ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง สิ่งมีชีวิตบางชนิดในระบบนิเวศ



วิธีการ

1. สำรวจระบบนิเวศบนบก

1.1 ศึกษาปัจจัยทางกายภาพ (บันทึกผลลงในใบงานที่ 1)

- 1.1.1 สำรวจสภาพแวดล้อมโดยทั่วไปรอบ ๆ บริเวณนั้น จากการสัมผัส มองเห็น หรือได้กลิ่น เช่น ฝุ่นละออง คิว้น เขม่า กลิ่น เสียง กองขยะ สภาพการจราจร และสิ่งก่อสร้าง แล้วบันทึกผล
- 1.1.2 สังเกตลักษณะของดินว่าเป็นดินร่วน ดินทราย หรือดินเหนียว และสี กลิ่น ความชื้น ตลอดจนสิ่งปนเปื้อนในดินบริเวณนั้น แล้วบันทึกผล
- 1.1.3 วัดอุณหภูมิของอากาศในบริเวณที่ศึกษาอย่างน้อย 3 จุด นำมาหาค่าเฉลี่ยแล้วบันทึกผล
- 1.1.4 วัดอุณหภูมิของดิน
 - วัดอุณหภูมิของดินชั้นบน โดยเสียบเทอร์มอมิเตอร์ลงในดินลึกประมาณ 5 – 6 เซนติเมตร อ่านค่าและบันทึกผล
 - วัดอุณหภูมิของดินที่ระดับความลึกอย่างน้อย 20 เซนติเมตร โดยขุดดินให้เป็นหลุมกว้าง 20 เซนติเมตร × 20 เซนติเมตร ลึกประมาณ 25 เซนติเมตร เสียบเทอร์มอมิเตอร์เข้าไปในเนื้อดินด้านข้างหลุมที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร (ดังภาพ) อ่านค่าและบันทึกผล (นำดินที่ขุดขึ้นมาตั้งแต่ผิวดินจนถึงระดับ 5 เซนติเมตร และดินที่ความลึก 20 เซนติเมตร แยกใส่ภาชนะเพื่อนำไปศึกษาสิ่งมีชีวิตต่อไป)



ภาพแสดงการวัดอุณหภูมิของดินที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร

หมายเหตุ : ดินที่ขุดขึ้นมา เมื่อศึกษาเสร็จแล้วให้ใส่ลงในหลุมแล้วกลบให้เหมือนเดิม

1.1.5 วัดความเป็นกรด – เบส (pH) ของดิน

- วัดความเป็นกรด – เบสของดินชั้นบน โดยชั่งดิน 50 กรัมใส่ในบีกเกอร์เติมน้ำกลั่น 50 cm³ คนให้น้ำดินผสมกับน้ำ ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนแล้วใช้แท่งแก้วจุ่มน้ำส่วนที่ใสและลงบนกระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ นำไปเทียบกับแถบสีมาตรฐาน อ่านค่าและบันทึกผล
- วัดความเป็นกรด – เบสของดินที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร โดยปฏิบัติเช่นเดียวกับการวัดความเป็นกรด – เบสของดินชั้นบน

หมายเหตุ : การวัดอุณหภูมิและความเป็นกรด – เบสควรวัดหลายจุดให้กระจายทั่วบริเวณที่สำรวจ แต่ละจุดวัดอย่างน้อย 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย แล้วบันทึกผล

1.2 ศึกษาปัจจัยทางชีวภาพ (บันทึกผลลงในใบงานที่ 1)

- 1.2.1 สังเกตชนิด จำนวน ลักษณะ และการกระจายของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์บนพื้นดิน บันทึกผล
- 1.2.2 ศึกษาสิ่งมีชีวิตในดิน โดยนำดินที่ขุดในข้อ 1.1.4 มาศึกษาดังนี้
 - นำดินที่ขุดระดับความลึกประมาณ 5 – 6 เซนติเมตร เทใส่ถาดพลาสติกสีขาวหรือสีอ่อน หรือสีสะท้อนแสงแล้วใช้ปากคืบ เขี่ยดูสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในดินแล้วคืบใส่ลงในขวดแก้วหรือขวดพลาสติก (ใช้ผ้าขาวบางปิดปากขวดรัดด้วยยางวง) จากนั้นนำดินไปร่อนลงในตะแกรงหรือกระชอนอีกครั้งเพื่อดูสิ่งมีชีวิตที่อาจหลงเหลืออยู่ในดิน บันทึกผล
 - นำดินที่ขุดระดับความลึกประมาณ 20 เซนติเมตร มาศึกษาสิ่งมีชีวิต โดยปฏิบัติเช่นเดียวกับการศึกษาสิ่งมีชีวิตของดินชั้นบน บันทึกผล

หมายเหตุ : สิ่งมีชีวิตที่พบ เมื่อศึกษาเสร็จแล้วให้นำสิ่งมีชีวิตกลับคืนลงดินตามเดิม

- 1.2.3 สำรวจชนิด จำนวน และลักษณะสิ่งมีชีวิตที่อยู่ใต้ขอนไม้ บนต้นไม้ ก้อนหิน ในบริเวณนั้นด้วย



1.2.4 หาความหนาแน่นของประชากรสิ่งมีชีวิตในบริเวณนั้น โดยใช้กรอบนับประชากรขนาด



ภาพแสดงกรอบนับประชากร

50 เซนติเมตร × 50 เซนติเมตร ในการศึกษา
ประชากรสิ่งมีชีวิตบนบก โดยวางทาบลงบนพื้นที่ที่
ศึกษา นับจำนวนสิ่งมีชีวิตที่พบทั้งพืชและสัตว์ใน
แต่ละช่องจนครบทั้งกรอบ เป็นจำนวนประชากรใน
พื้นที่ 1/4 ตารางเมตร สุ่มนับจำนวนประชากร 5 จุด
แล้วหาค่าเฉลี่ยและคำนวณค่าความหนาแน่นของ
ประชากรจากสูตร

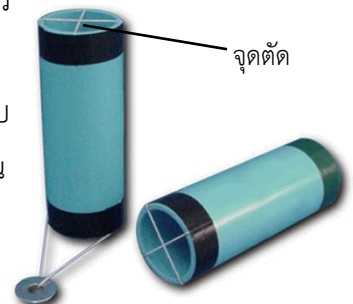
$$\text{ค่าความหนาแน่นของประชากร} = \frac{\text{จำนวนประชากร}}{\text{พื้นที่}}$$

1.2.5 วัดความหนาแน่นของเรือนยอดต้นไม้ในบริเวณที่สำรวจ โดยใช้เดนซิโอมิเตอร์ ดังนี้

- 1) กำหนดขนาดพื้นที่ที่ต้องการสำรวจประมาณ 5 เมตร × 5 เมตร ใช้เชือกขึงรอบพื้นที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมแล้วหาจุดกึ่งกลางของพื้นที่จากเส้นทแยงมุมตัดกัน

- 2) เริ่มการวัด โดยยืนที่จุดกึ่งกลางของพื้นที่ถือเดนซิโอมิเตอร์

ให้อยู่ในแนวตั้งเหนือศีรษะ แล้วมองผ่านเดนซิโอมิเตอร์
ขึ้นไป จัดแหวนโลหะที่แขวนไว้ใต้เดนซิโอมิเตอร์ให้ตรงกับ
จุดตัดของเครื่องหมายกากบาทที่ด้านบนของท่อ มองผ่าน
ช่องว่างไปยังเรือนยอดต้นไม้เหนือศีรษะ สังเกตดูว่า
พบส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชอยู่บนจุดตัดของเครื่องหมาย
กากบาทหรือไม่ ถ้าพบให้บันทึกเครื่องหมายบวก (+)
ถ้าไม่พบให้บันทึกเครื่องหมายลบ (-)



ภาพเดนซิโอมิเตอร์

- 3) เดินออกไปตามเส้นทแยงมุมอีก 1 ก้าว แล้วสังเกตความหนาแน่นของเรือนยอดตามวิธีการในข้อ 2) ทำเช่นนี้ไปทุกก้าวจนครบทั้ง 4 มุมของพื้นที่
- 4) นำข้อมูลที่บันทึกได้มาคำนวณหาความหนาแน่นของเรือนยอดต้นไม้บริเวณที่สำรวจด้วยสูตร

$$\text{ความหนาแน่นของเรือนยอดต้นไม้} = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนครั้งที่พบ (เครื่องหมาย +)}}{\text{จำนวนครั้งที่สังเกต}} \times 100$$

1.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางชีวภาพ

นำข้อมูลที่สำรวจปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางชีวภาพมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในประเด็นดังต่อไปนี้ (บันทึกผลลงในใบงานที่ 1)

- 1.3.1 สภาพแวดล้อมโดยทั่วไป ๆ ในบริเวณที่สำรวจที่พบมีความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตที่พบในบริเวณที่สำรวจนั้นหรือไม่ อย่างไร
- 1.3.2 อุณหภูมิในอากาศและอุณหภูมิในดินที่วัดได้มีความสัมพันธ์กับชนิด ปริมาณ และการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตหรือไม่อย่างไร
- 1.3.3 ค่า pH ในดินชั้นบนและในดินชั้นล่างที่วัดได้ แตกต่างกันหรือไม่ ถ้าแตกต่างกัน มีสาเหตุมาจากอะไรได้บ้าง

2. สำรวจระบบนิเวศในน้ำ

2.1 ศึกษาปัจจัยทางกายภาพ (บันทึกผลลงในใบงานที่ 1)

- 2.1.1 สำรวจสภาพแวดล้อมโดยทั่วไปรอบ ๆ บริเวณแหล่งน้ำนั้น จากการสัมผัส สมองเห็น หรือได้กลิ่น เช่น ร่มเงา การไหลของกระแสน้ำ สภาพของน้ำ ตลอดจนอาคารบ้านเรือนหรือสิ่งก่อสร้างที่อยู่รอบ ๆ หรือบริเวณใกล้เคียงแหล่งน้ำนั้น บันทึกผล
- 2.1.2 สังเกต สี กลิ่น สิ่งปนเปื้อนในแหล่งน้ำ บันทึกผล
- 2.1.3 วัดการส่องผ่านของแสงลงสู่แหล่งน้ำ โดยใช้เชคคิติสก์ นำเชคคิติสก์ผูกติดกับเชือกซึ่งทำเครื่องหมายบอกระยะความยาวไว้แล้ว หย่อนเชคคิติสก์ลงในแหล่งน้ำจนกระทั่งถึงจุดที่เริ่มมองไม่เห็นเชคคิติสก์ อ่านค่าความลึกจากเครื่องหมายบนเส้นเชือก จากนั้นให้ปล่อยเส้นเชือกลงไปอีกเล็กน้อยแล้วค่อย ๆ ดึงเส้นเชือกขึ้นจนเริ่มมองเห็นแผ่นเชคคิติสก์อีกครั้ง อ่านค่าความลึกจากเครื่องหมายบนเส้นเชือก นำค่าที่อ่านได้ทั้ง 2 ครั้งมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งจะเป็นค่าการส่องผ่านของแสงในแหล่งน้ำนั้น แล้วบันทึกผล



2.1.4 วัดอุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำ



ภาพขวดเก็บตัวอย่างน้ำ

- วัดอุณหภูมิของน้ำที่ผิวหน้า โดยใช้เทอร์มอมิเตอร์หย่อนลงในน้ำลึกประมาณ 5 – 6 เซนติเมตร อ่านค่าและบันทึกผล
- วัดอุณหภูมิของน้ำที่ระดับความลึกจากผิวน้ำอย่างน้อย 20 เซนติเมตร (อาจวัดในระดับที่ลึกกว่า 20 เซนติเมตรก็ได้) โดยใช้ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ (ดังภาพ) หย่อนลงไปใต้น้ำลึก 20 เซนติเมตร กระตุกเชือกให้ฝาขวดเปิดและให้น้ำไหลเข้าขวดจนเต็มแล้วดึงเชือกและขวดขึ้นมา รีบหย่อนเทอร์มอมิเตอร์ลงในขวด แล้ววัดอุณหภูมิของน้ำทันที อ่านค่าและบันทึกผล (น้ำในขวดเก็บตัวอย่างให้นำไปเทลงในภาชนะพลาสติกสีขาวเพื่อศึกษาสิ่งมีชีวิตในน้ำต่อไป)

2.1.5 วัดความเป็นกรด – เบส (pH) ของน้ำ

- วัดความเป็นกรด – เบสของน้ำที่ผิวหน้า โดยใช้แท่งแก้วคนสารแต่น้ำที่ผิวน้ำมาแตะบนกระดาษยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ นำไปเทียบแถบกับสีมาตรฐาน อ่านค่าและบันทึกผล
- วัดความเป็นกรด – เบสของน้ำที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร โดยใช้แท่งแก้วคนสารแต่น้ำในขวดเก็บตัวอย่างน้ำแล้วปฏิบัติเช่นเดียวกับการวัดความเป็นกรด – เบสที่ผิวน้ำ

หมายเหตุ : การวัดอุณหภูมิและความเป็นกรด – เบสควรวัดหลายจุดให้กระจายทั่วบริเวณที่สำรวจแต่ละจุดอย่างน้อย 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยแล้วบันทึกผล

2.2 ศึกษาปัจจัยทางชีวภาพ (บันทึกผลลงในใบงานที่ 1)

- 2.2.1 สังเกตสิ่งมีชีวิตบนผิวน้ำ ทั้งชนิด จำนวน ลักษณะและการกระจายของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด บันทึกผล
- 2.2.2 เก็บตัวอย่างพืชที่ลอยน้ำ เช่น สาหร่าย จอก และแหน เป็นต้น มาล้างในภาชนะพลาสติกที่มีน้ำสะอาด สังเกตลักษณะและจำนวนสิ่งมีชีวิตที่ร่วงหล่นอยู่ในภาชนะ บันทึกผล
- 2.2.3 ใช้ถุงลากลากที่ตอนเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนในน้ำ โดยค่อย ๆ ลากถุงไปตามผิวน้ำ แล้วนำขึ้นมาเทลงในภาชนะพลาสติก และใช้ถุงลากลากที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตรด้วย เพื่อศึกษาสิ่งมีชีวิตด้วยตาเปล่าและแว่นขยาย ดูน้ำบางส่วนใส่สไลด์หลุมเพื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง บันทึกลักษณะสิ่งมีชีวิตที่พบ

หมายเหตุ : เมื่อนำสิ่งมีชีวิตขึ้นมาศึกษาเสร็จแล้วให้นำกลับคืนสู่สิ่งแวดล้อมเดิม

2.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางชีวภาพ

นำข้อมูลที่สำรวจปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางชีวภาพมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในประเด็นดังต่อไปนี้ (บันทึกผลลงในใบงานที่ 1)

- 2.3.1 สภาพแวดล้อมโดยทั่วไป ๆ ในบริเวณที่สำรวจที่พบมีความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตที่พบในบริเวณที่สำรวจนั้นหรือไม่ อย่างไร
- 2.3.2 อุณหภูมิที่บริเวณผิวน้ำและที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตรที่วัดได้มีความสัมพันธ์กับชนิด ปริมาณ และการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตหรือไม่ อย่างไร
- 2.3.3 ค่า pH ที่บริเวณผิวน้ำและที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตรที่วัดได้ แตกต่างกันหรือไม่ ถ้าแตกต่างกันมีสาเหตุมาจากอะไรได้บ้าง



ใบกิจกรรมที่ 2

เรื่อง รูปแบบความสัมพันธ์ของการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิต

วัตถุประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถ

1. ศึกษาลักษณะและจำแนกประเภทของไลเคนโดยใช้ลักษณะทางกายภาพ
2. ศึกษาไลเคนภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง

สื่อ – อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างและศึกษาภาคสนาม
 - 1.1 แวนชยาย
 - 1.2 มีด หรือ คัตเตอร์
 - 1.3 ซองใส่ตัวอย่างไลเคน
 - 1.4 กระดาษเยื่อ
 - 1.5 กระดาษบันทึกข้อมูล
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาไลเคนในห้องปฏิบัติการ
 - 2.1 กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ
 - 2.2 กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา
 - 2.3 สไลด์ และกระจกปิดสไลด์
 - 2.4 ใบมีดโกน
 - 2.5 เข็มเขี่ย
 - 2.6 กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 10%
 - 2.7 ตัวอย่างไลเคน
 - 2.8 สีย้อม เช่น สารละลายไอโอดีน ซาฟรานิน (safranin) หรือฟาสต์กรีน (fast green) ความเข้มข้น 1%
 - 2.9 ดินสอที่มียางลบ
3. ใบงานที่ 2
4. ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง ไลเคน



วิธีการ

1. การสำรวจหาไลเคนในภาคสนาม (บันทึกผลลงในใบงานที่ 2)

- 1.1 สำรวจหาไลเคนบริเวณเดียวกับที่สำรวจระบบนิเวศ ในกิจกรรมที่ 1 โดยสังเกตบริเวณต้นไม้ ก้อนหิน คอนกรีต หรือสิ่งปลูกสร้าง การสังเกตอาจใช้ตาหรือแว่นขยาย เมื่อพบตัวอย่างไลเคน ให้ปฏิบัติดังนี้
 - ถ้าพบไลเคนบนเปลือกไม้ ให้ใช้มีดหรือคัตเตอร์เฉือนเปลือกไม้ที่มีไลเคนเกาะติดอยู่
 - ถ้าพบไลเคนบนก้อนหินหรือคอนกรีต ให้ใช้มีดขูดเอาไลเคนออกมา
- 1.2 ห่อไลเคนด้วยกระดาษเยื่อเพื่อดูดซับความชื้นจากเปลือกไม้หรือวัสดุที่ไลเคนยึดเกาะ และเป็นการป้องกันความเสียหายของตัวอย่างไลเคนจากแรงกระแทก แล้วเก็บไลเคนนั้นไว้ในซองใส่ตัวอย่างไลเคน

2. การศึกษาไลเคนในห้องปฏิบัติการ (บันทึกผลลงในใบงานที่ 2)

- 2.1 นำไลเคนที่ติดอยู่บนวัสดุยึดเกาะมาศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา (morphology) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ บันทึกลักษณะสำคัญของโครงสร้างภายนอก เช่น สี ลักษณะผิว รูปร่าง ขนาดของแผ่นแทลลัส
- 2.2 การศึกษาความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในไลเคน
 - 2.2.1 วางไลเคนลงบนสไลด์ที่สะอาด
 - 2.2.2 หยดกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 10% จำนวน 1 – 2 หยด ให้ท่วมทั้งไว้ประมาณ 3 – 5 นาที แล้วผ่านสไลด์ไปมาบนเปลวไฟ 3 – 4 ครั้ง ระวังอย่าให้กรดไฮโดรคลอริกแห้ง จากนั้นล้างกรดไฮโดรคลอริกออกโดยหยดน้ำกลั่นลงบนสไลด์และเทออก 2 – 3 ครั้ง
 - 2.2.3 ใช้เข็มเย็บ เย็บไลเคนให้เซลล์แยกออกจากกัน จากนั้นปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ ใช้ดินสอด้านปลายที่มียางลบติดอยู่กดหรือเคาะเบา ๆ เพื่อให้เซลล์กระจาย ใช้กระดาษเยื่อซับบริเวณข้าง ๆ กระจกปิดสไลด์ให้แห้ง
 - 2.2.4 นำสไลด์ไปตรวจดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา วาดภาพที่เห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์

หมายเหตุ : ช่วงเดือนที่เหมาะสมสำหรับสำรวจหาไลเคนคือ เดือนสิงหาคม – มกราคม เพราะจะได้ไลเคนที่ยังสดอยู่ เมื่อนำมาศึกษาจะสามารถเห็นสีของเซลล์สิ่งมีชีวิตชัดเจน หากเป็นช่วงเดือนอื่นจะพบไลเคนที่มีลักษณะแห้งกรอบ เมื่อนำมาศึกษาจะเห็น

: หากสีเซลล์ของสิ่งมีชีวิตไม่ชัด ต้องทำการย้อมสีเซลล์ หลังจากทำขั้นตอนข้อ 2.2.1 – 2.2.2 แล้ว ให้หยดสีย้อมสารละลายไอโอดีนความเข้มข้น 1% หรือสีย้อมอื่น ๆ เช่น สีซาฟรานีน หรือ ฟาสต์กรีน ลงไป 1 หยด จากนั้นให้ทำขั้นตอนข้อ 2.2.3 – 2.2.4 ต่อไปตามลำดับ



ใบกิจกรรมที่ 3

เรื่อง ทัวร์ไบโอม

วัตถุประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถ

1. อธิบายลักษณะเฉพาะของไบโอมประเภทต่าง ๆ ได้ถูกต้อง
2. ระบุปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางชีวภาพของไบโอมแต่ละประเภทได้ถูกต้อง

สื่อ – อุปกรณ์

1. ภาพไบโอมประเภทต่าง ๆ เช่น ป่าดิบชื้น ป่าผลัดใบในเขตอบอุ่น ป่าสน ทุ่งหญ้าเขตอบอุ่น สะวันนา ทะเลทราย ทุนดรา แหล่งน้ำจืด และแหล่งน้ำเค็ม (ใบความรู้ที่ 3)
2. ใบงานที่ 3

วิธีการ

1. วิทยากรแบ่งผู้เข้ารับการอบรมออกเป็นกลุ่ม ๆ รวม 9 กลุ่ม จากนั้นให้แต่ละกลุ่มจับฉลากเลือกชนิดของไบโอม
2. วิทยากรแจกภาพไบโอมให้แต่ละกลุ่มตามที่ได้เลือกไว้ จากนั้นชี้แจงแนวทางในการทำกิจกรรมให้แก่ผู้เข้ารับการอบรมดังนี้

สถานการณ์ที่กำหนดให้

นายพาสุขเจ้าของกิจการส่งออกพืชผลทางการเกษตรรายใหญ่แห่งหนึ่งของประเทศได้ประกาศให้โบนัสแก่พนักงานดีเด่นของบริษัทที่สามารถทำยอดการค้าทะลุเป้าจำนวน 100 คน เพื่อไปท่องเที่ยวธรรมชาติเชิงนิเวศ ณ ต่างประเทศ โดยให้พนักงานดังกล่าวนี้ไปหาข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวธรรมชาติที่น่าสนใจ แล้วมานำเสนอเพื่อตัดสินใจเลือก

- 2.1 สมมติว่าให้ผู้เข้ารับการอบรมเป็นเจ้าของกิจการทัวร์ ให้นำเสนอแพ็คเกจทัวร์ไบโอมตามที่แต่ละกลุ่มเลือกมาแล้ว ตามประเด็นดังนี้

- 1) ชื่อทัวร์.....ประเทศที่ไป.....จำนวนวัน.....
- 2) ออกแบบสัญลักษณ์ (logo) ที่สื่อถึงลักษณะเฉพาะของทัวร์ไบโอมนั้น
- 3) ระบุโปรแกรมการท่องเที่ยวที่ครอบคลุมการศึกษาความหลากหลายของพืชและสัตว์ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะไบโอมนั้น ๆ
- 4) บอกลักษณะสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และฤดูกาลที่เหมาะสมที่ควรจะไปท่องเที่ยว การเตรียมตัว (เช่น เครื่องแต่งกาย/ อุปกรณ์ประกอบการเดินทาง ระบบการรักษาความปลอดภัย เป็นต้น)
- 5) อื่น ๆ ที่คิดว่าสามารถดึงดูดใจให้ลูกค้าเลือกซื้อแพ็คเกจทัวร์นี้ได้

- 2.2 ผู้เข้ารับการอบรมแต่ละกลุ่มนำเสนอแพ็คเกจทัวร์หน้าชั้น เพื่อให้เจ้าของกิจการตัดสินใจเลือกซื้อ

3. วิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมสรุปความรู้เรื่อง ไบโอม ในใบงานที่ 3

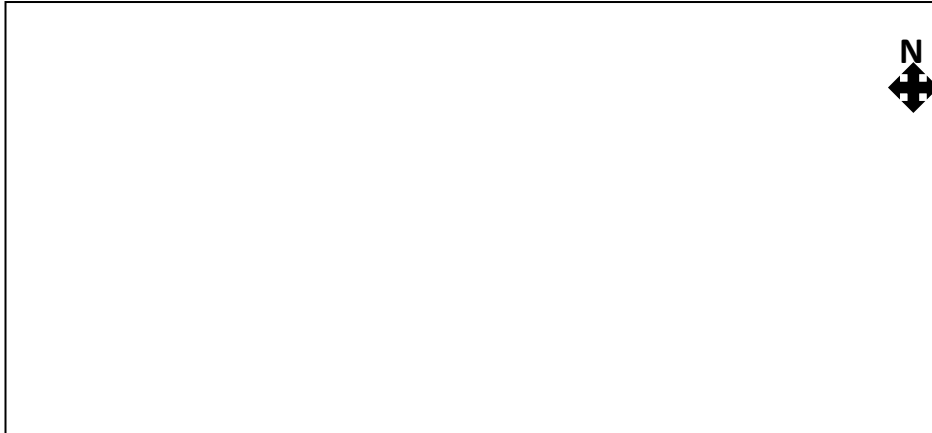


ใบงานที่ 1

เรื่อง การสำรวจระบบนิเวศ

1. การสำรวจระบบนิเวศบนบก

1.1 เขียนแผนผังแสดงทิศทางและตำแหน่งของแหล่งสำรวจ



1.2 บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมโดยทั่วไปรอบ ๆ บริเวณนั้น จากการสัมผัส มองเห็น หรือได้กลิ่น

.....

.....

.....

1.3 การศึกษาปัจจัยทางกายภาพ

ตารางบันทึกผลการสำรวจปัจจัยทางกายภาพของระบบนิเวศบนบก

รายการที่สำรวจ	ผลการสำรวจ
1. สภาพแวดล้อมโดยทั่วไปรอบ ๆ บริเวณที่สำรวจ	
2. ลักษณะของดิน	
3. อุณหภูมิของอากาศ	
4. อุณหภูมิของดิน - ที่ผิวหน้าดิน - ที่ความลึก 20 เซนติเมตร	
5. pH ของดิน - ที่ผิวหน้าดิน - ที่ความลึก 20 เซนติเมตร	



1.4 การศึกษาปัจจัยทางชีวภาพ

ตารางบันทึกผลการสำรวจปัจจัยทางชีวภาพของระบบนิเวศบนบก

รายการที่สำรวจ	ผลการสำรวจ		
	ชื่อสิ่งมีชีวิต	จำนวน	ลักษณะและการกระจาย
1. สิ่งมีชีวิตบนผิวดิน			
2. สิ่งมีชีวิตในดินที่ระดับความลึก 0 – 5 cm			
2. สิ่งมีชีวิตในดินที่ระดับความลึก 20 cm			
3. สิ่งมีชีวิตใต้ขอนไม้			
4. สิ่งมีชีวิตบริเวณก้อนหิน			
5. ความหนาแน่นของสิ่งมีชีวิต บนบก			
6. ความหนาแน่นของเรือนยอด ต้นไม้			

หมายเหตุ : จำนวนสิ่งมีชีวิตถ้านับได้ให้ใส่จำนวนที่นับ ถ้านับไม่ได้ให้ใส่มาก ปานกลาง หรือน้อย

1.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางชีวภาพ

- 1) สภาพแวดล้อมโดยทั่วไป ๆ ในบริเวณที่สำรวจที่พบมีความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตที่พบในบริเวณที่สำรวจนั้นหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

- 2) อุณหภูมิในอากาศและอุณหภูมิในดินที่วัดได้มีความสัมพันธ์กับชนิด ปริมาณ และการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

- 3) ค่า pH ในดินชั้นบนและในดินชั้นล่างที่วัดได้ แตกต่างกันหรือไม่ ถ้าแตกต่างกัน มีสาเหตุมาจากอะไรได้บ้าง

.....

.....

.....

2. การสำรวจระบบนิเวศในน้ำ

2.1 การศึกษาปัจจัยทางกายภาพ

ตารางบันทึกผลการสำรวจปัจจัยทางกายภาพของแหล่งน้ำ

รายการที่สำรวจ	ผลการสำรวจ
1. สภาพแวดล้อมโดยทั่ว ๆ ไป ของแหล่งน้ำ	
2. สีของน้ำ	
3. กลิ่น	
4. สิ่งปนเปื้อน	
5. ความขุ่นใส	
5. ค่าการส่องผ่านของแสง	
6. อุณหภูมิระดับผิวน้ำ (°C)	
7. อุณหภูมิระดับความลึก 20 cm (°C)	
8. pH ระดับผิวน้ำ	
9. pH ระดับความลึก 20 cm หรือมากกว่า 20 cm	



2.2 ศึกษาปัจจัยทางชีวภาพ

ตารางบันทึกผลการสำรวจปัจจัยทางชีวภาพในแหล่งน้ำ

รายการที่สำรวจ	ผลการสำรวจ		
	ชื่อสิ่งมีชีวิต	จำนวน	ลักษณะและการกระจาย
1. สิ่งมีชีวิตระดับผิวน้ำและที่อาศัยกับพืชลอยน้ำ			
2. สิ่งมีชีวิตระดับความลึก 20 cm			
3. แพลงก์ตอนที่ระดับผิวน้ำที่ศึกษาจากกล้องจุลทรรศน์			
4. แพลงก์ตอนที่ระดับความลึก 20 cm ศึกษาจากกล้องจุลทรรศน์			

2.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางชีวภาพ

- 1) สภาพแวดล้อมโดยทั่วไป ๆ ในบริเวณแหล่งที่สำรวจที่พบมีความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตที่พบในบริเวณที่สำรวจนั้นหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

- 2) อุณหภูมิที่ระดับผิวน้ำและที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตรที่วัดได้มีความสัมพันธ์กับชนิดปริมาณ และการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

- 3) ค่า pH ที่ระดับผิวน้ำและที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตรที่วัดได้ แตกต่างกันหรือไม่ ถ้าแตกต่างกันมีสาเหตุมาจากอะไรได้บ้าง

.....

.....

.....

ใบงานที่ 2

เรื่อง รูปแบบความสัมพันธ์ของการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิต

1. การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของไลเคนภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ

.....

.....

.....

.....

ไลเคนที่ท่านสำรวจพบนั้น จัดอยู่ในกลุ่มใด

.....

2. การศึกษาโครงสร้างภายในของไลเคน

วาดโครงสร้างภายในของไลเคนที่ศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบธรรมดา

3. สิ่งมีชีวิตที่ท่านมองเห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์มีกี่ชนิด ได้แก่อะไรบ้าง

.....

.....

4. สิ่งมีชีวิตดังกล่าวนี้มีรูปแบบของความสัมพันธ์เป็นแบบใด อธิบาย

.....

.....



ใบงานที่ 3 เรื่อง ทัวร์ไบโอม

1. รายละเอียดในการนำเสนอแพ็คเกจทัวร์ไบโอม

1.1 ชื่อทัวร์.....

ประเทศที่ไป.....

จำนวนวัน.....

1.2 สัญลักษณ์ของทัวร์ที่สื่อถึงลักษณะเฉพาะของไบโอม

1.3 โปรแกรมการท่องเที่ยวที่ครอบคลุมการศึกษาความหลากหลายของพืชและสัตว์ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะไบโอมนั้น ๆ

.....

.....

.....

.....

1.4 ลักษณะสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และฤดูกาลที่เหมาะสมที่ควรจะไปท่องเที่ยว การเตรียมตัว (เช่น เครื่องแต่งกาย/ อุปกรณ์ประกอบการเดินทาง ระบบการรักษาความปลอดภัย)

.....

.....

.....

.....

1.5 อื่น ๆ ที่คิดว่าสามารถดึงดูดใจให้ลูกค้าเลือกซื้อแพ็คเกจทัวร์นี้ได้

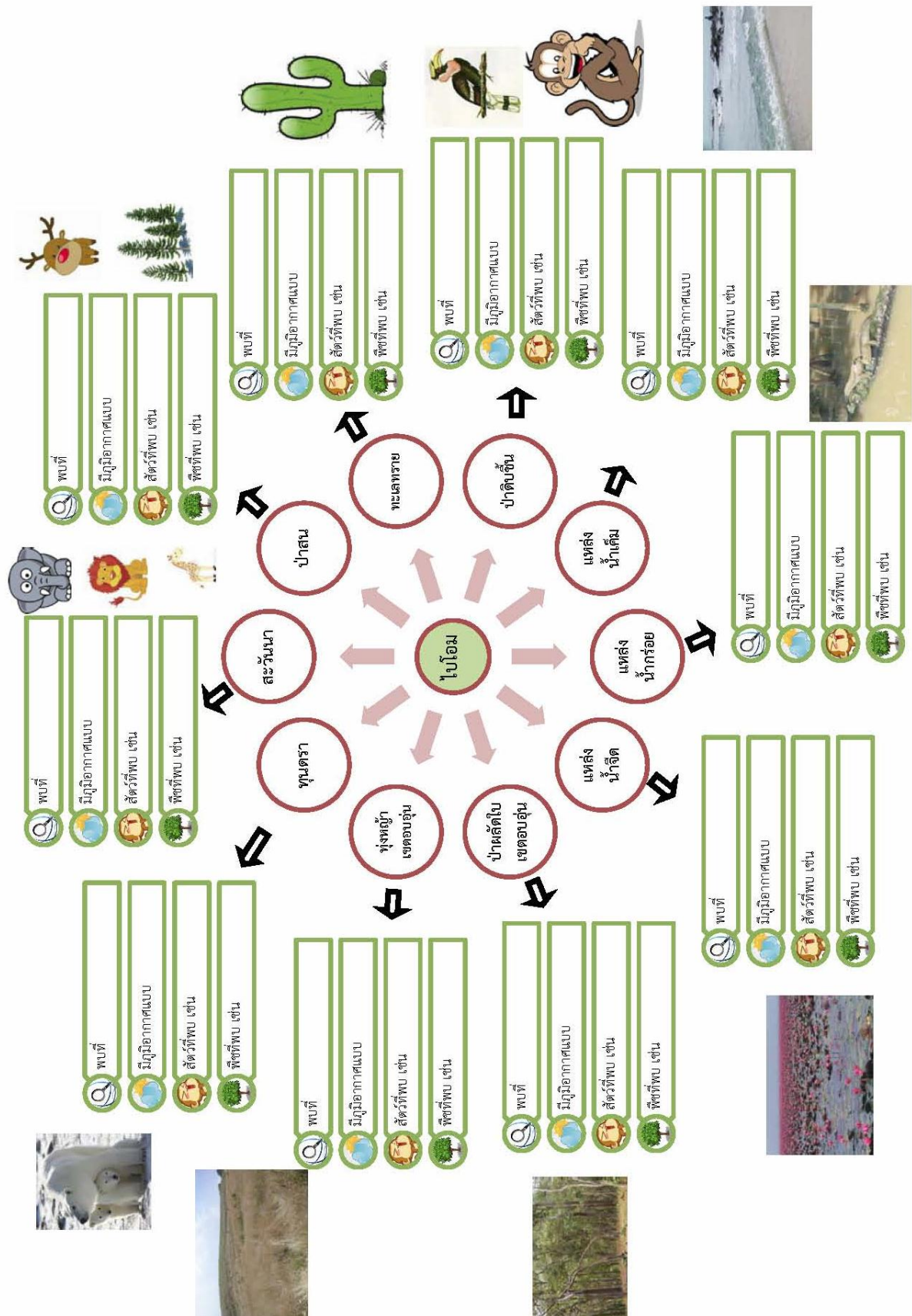
.....

.....

.....

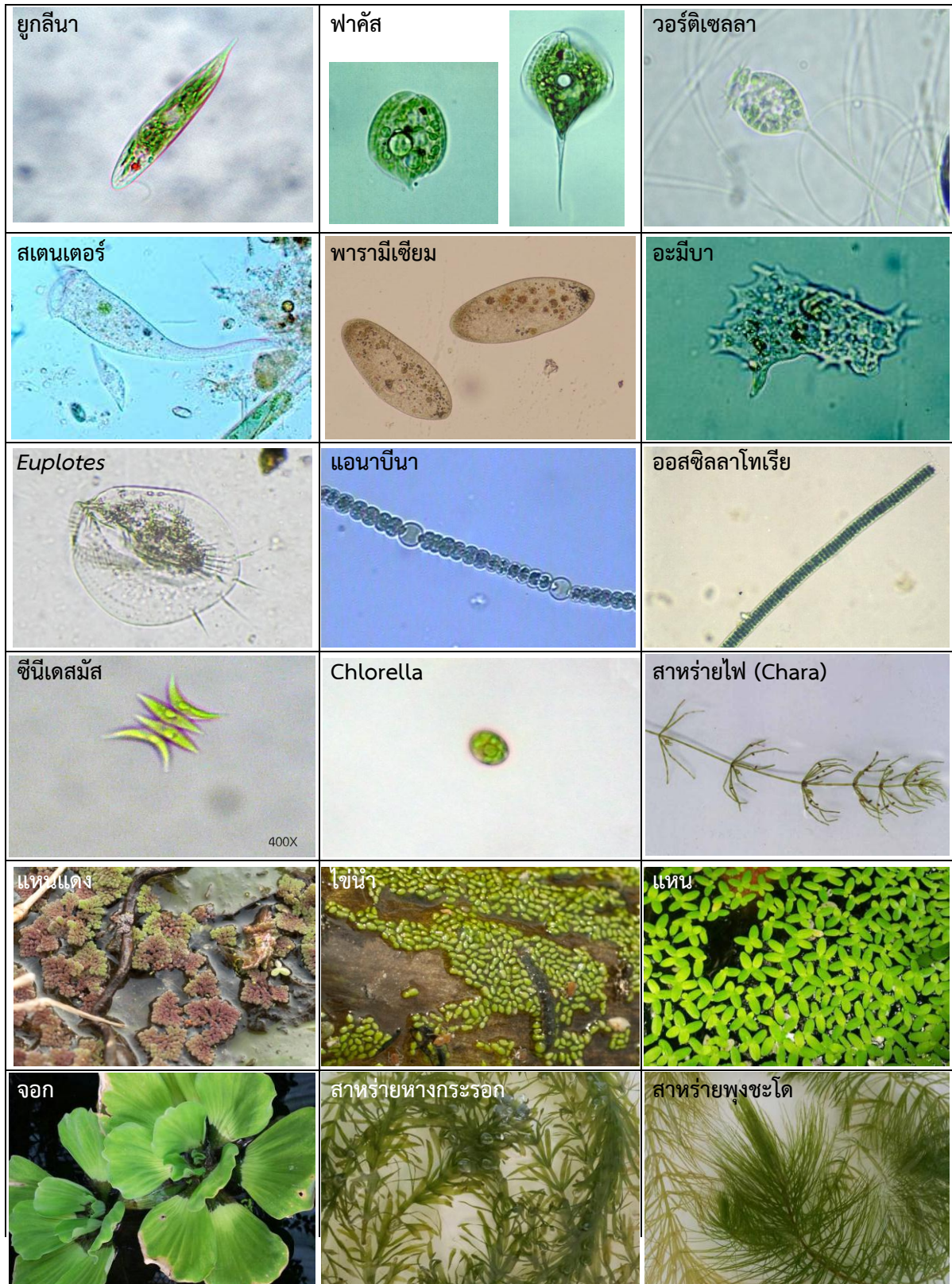
.....

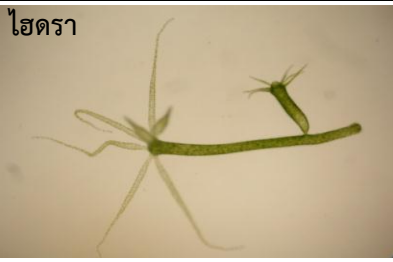
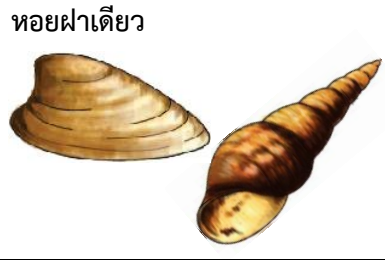
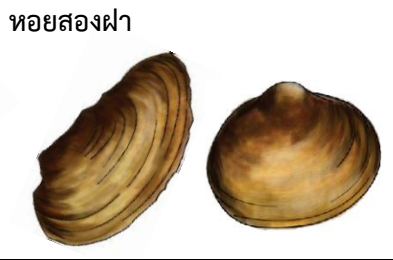
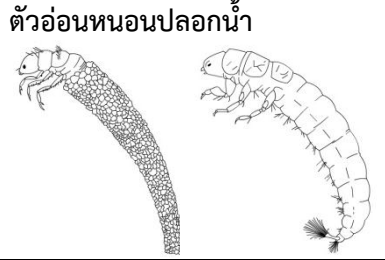
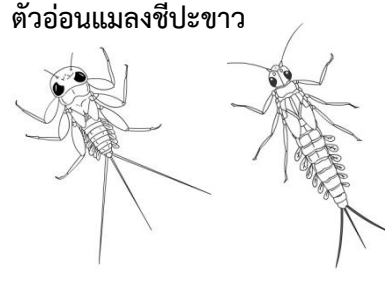
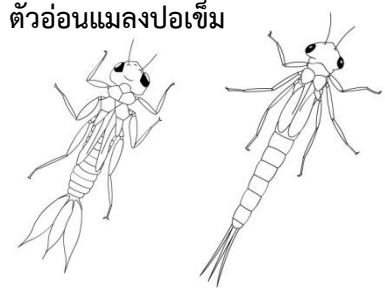
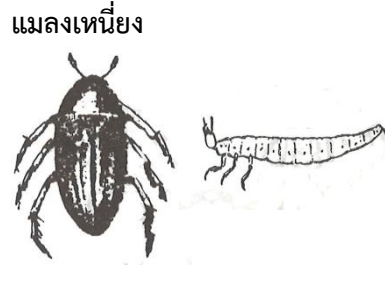
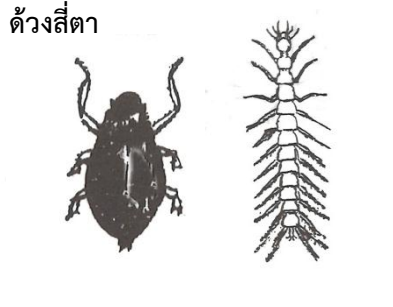
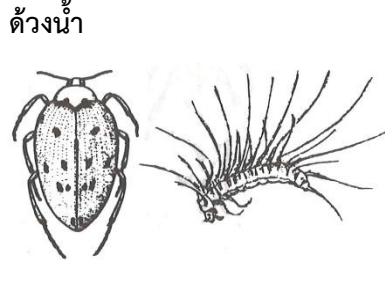
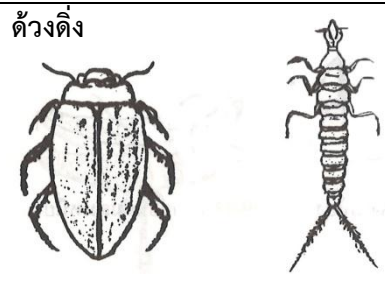
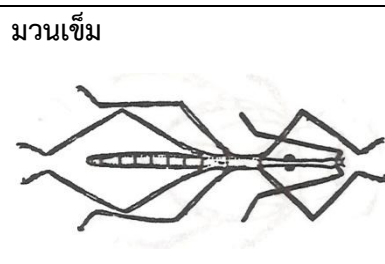
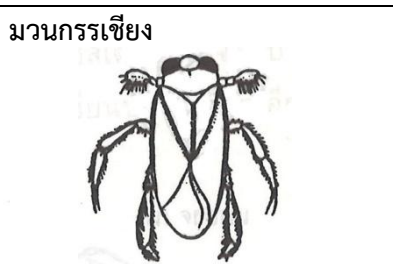
2. สรุปรูปร่างเกี่ยวกับเรื่องไบโอม โดยเติมคำหรือข้อความลงในช่องว่างให้ถูกต้อง



ใบความรู้ที่ 1
เรื่อง สิ่งมีชีวิตบางชนิดในระบบนิเวศ

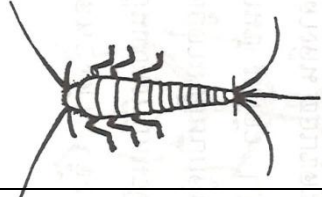
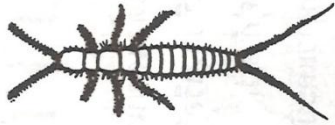
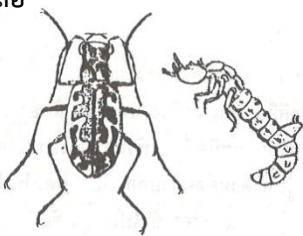
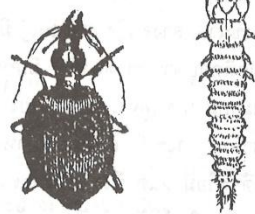
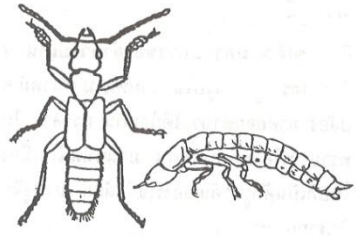
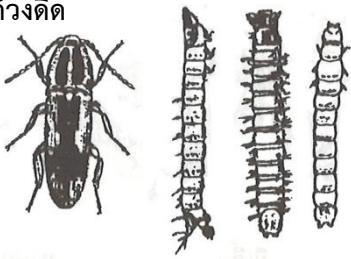
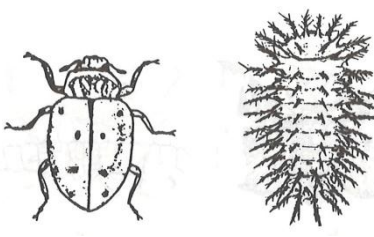
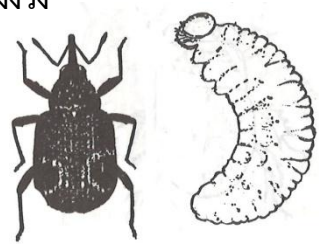
สิ่งมีชีวิตบางชนิดในแหล่งน้ำจืด



โรติเฟอร์ 	ไฮดรา 	ฟลามาเรีย 
หอยฝาเดียว 	หอยสองฝา 	ตัวอ่อนหนอนปลอกน้ำ 
ตัวอ่อนแมลงชีปะขาว 	ตัวอ่อนแมลงปอ 	ตัวอ่อนแมลงปอเข็ม 
แมลงเหนียว 	ด้วงสีดา 	ด้วงน้ำ 
ด้วงดิ่ง 	หนอนแมลงวันแมงมุม 	หนอนรินน้ำจืด 
มวนเข็ม 	มวนกรรเชียง 	จิงโจ้น้ำ 

สิ่งมีชีวิตบางชนิดในแหล่งดิน



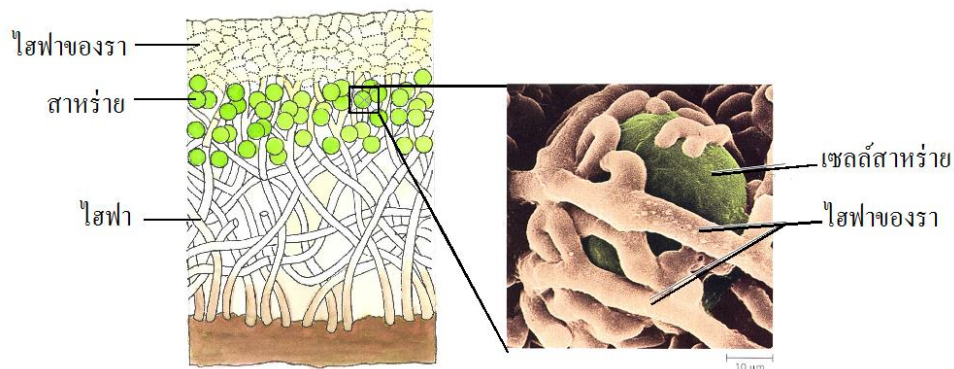
แมลงสามง่าม 	แมลงสองง่าม 	แมลงหางดีด 
แมลงกระซอน 	แมลงหางหนีบ 	จิ้งหรีด 
ด้วงเสื่อ 	ด้วงดิน 	ด้วงก้นงอน 
ด้วงดีด 	ด้วงเต่าทอง 	ด้วงวง 
ด้วงมะพร้าว 	ไส้เดือนดิน 	กิ้งกือ 
ทากบก 	หอยทาก 	หอยทากยักษ์ 

ใบความรู้ที่ 2

เรื่อง ไลเคน

ไลเคน (lichen) เป็นความสัมพันธ์ของการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตแบบภาวะพึ่งพา (mutualism) ระหว่างสาหร่ายสีเขียวหรือไซยาโนแบคทีเรียกับฟังไจ โดยสาหร่ายสีเขียวหรือไซยาโนแบคทีเรียสามารถสร้างอาหารจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ฟังไจก็ได้รับอาหารด้วย ขณะเดียวกันเส้นใยหรือไฮฟา (hypha) ของฟังไจสามารถเก็บความชื้นได้ดี จึงช่วยรักษาความชื้นให้กับสาหร่ายสีเขียวหรือไซยาโนแบคทีเรีย

สารสีในฟังไจและเส้นใยของฟังไจที่มีจำนวนมาก ช่วยป้องกันความร้อนและแสงแดด นอกจากนี้สารบางอย่างจากฟังไจมีพิษช่วยป้องกันไม่ให้สัตว์กินไลเคนเป็นอาหาร ด้วยเหตุที่ทั้งสาหร่ายสีเขียวหรือไซยาโนแบคทีเรีย และฟังไจต่างเอื้อประโยชน์ซึ่งกันและกันอย่างลงตัว ทำให้มีไลเคนเกิดขึ้นในธรรมชาติ แม้มีสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง หรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ

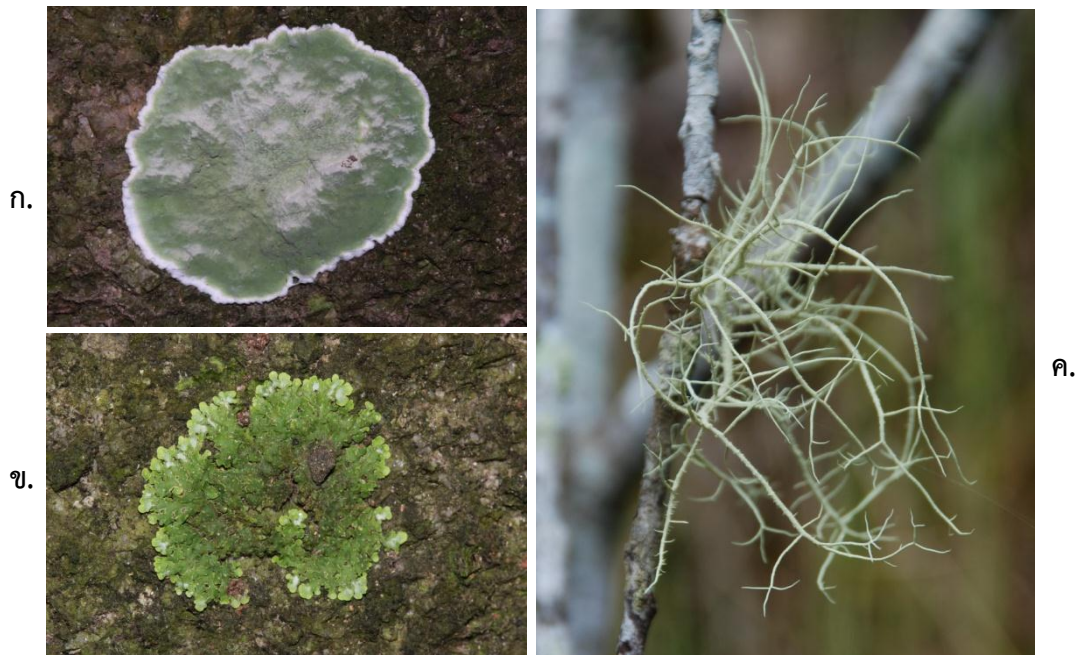


ภาพที่ 1 การอยู่ร่วมกันของสาหร่ายกับฟังไจ

ไลเคนเกือบทุกชนิดมีสัดส่วนของสาหร่ายสีเขียวหรือไซยาโนแบคทีเรีย (photobiont) เพียงร้อยละ 7 – 10 เท่านั้น สัดส่วนของฟังไจ (mycobiont) ประมาณร้อยละ 90 – 93 การที่มีสัดส่วนของ photobiont น้อยทำให้ไลเคนสร้างอาหารได้น้อย ไลเคนจึงเจริญเติบโตได้ช้า

ไลเคนมีรูปร่างที่พบเห็นได้ทั่ว ๆ ไป 3 กลุ่มคือ

1. ครัสโทสไลเคน (crustose lichen) มีลักษณะเป็นแผ่นบางแบนบาง เกาะติดอยู่ตามเปลือกไม้หรือก้อนหิน ลอกออกได้ยาก ทนความแห้งแล้งได้ดี พบเห็นได้ทั่วไป
2. โฟลิโอสไลเคน (foliose lichen) มีลักษณะเป็นแผ่นคล้ายแผ่นใบไม้ หรือใบไม้เล็ก ๆ เกาะติดกับเปลือกไม้หรือก้อนหิน ลอกออกได้ง่าย พบได้บริเวณที่มีความชื้น
3. ฟรุติโคสไลเคน (fruticose lichen) มีลักษณะเป็นเส้น แตกแขนง หรือแตกกิ่งเป็นพุ่ม คล้ายรากเกาะตามกิ่งไม้ พบได้บริเวณที่มีความชื้นสูง เช่น ภูเขาสูง น้ำตก เป็นต้น



ภาพที่ 2 ไลเคนแบบต่าง ๆ

ก. ครัสโทสไลเคน ข. โพลีโอสไลเคน ค. ฟรุติโคสไลเคน

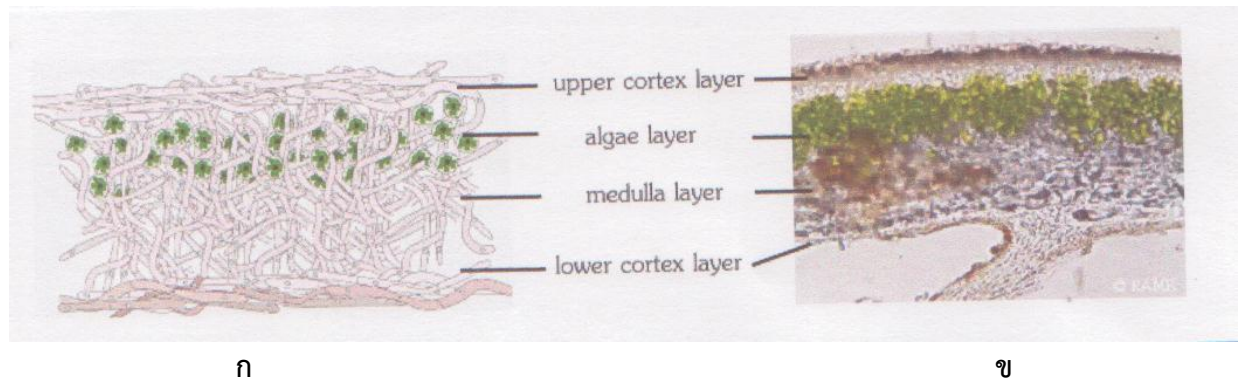
สาหร่ายและฟังไจที่อยู่ร่วมกันเป็นไลเคนจะสร้างโครงสร้างที่เรียกว่า แทลลัส (thallus) เมื่อผ่าแทลลัสตามขวางและศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าโครงสร้างภายในของไลเคนแบ่งออกได้เป็น 4 ชั้น ดังนี้

1. ชั้นคอร์เทกซ์ด้านบน (upper cortex layer) เป็นชั้นที่อยู่บนสุดของแทลลัส เกิดจากไฮฟาของฟังไจสานตัวกันอย่างหนาแน่น ช่วยป้องกันอันตรายจากสิ่งแวดล้อมภายนอก โดยเฉพาะความเข้มของแสงและการกีดกันของสัตว์จำพวกแมลง

2. ชั้นสาหร่าย (algae layer) อยู่ถัดจากชั้นคอร์เทกซ์ด้านบนลงมา สาหร่ายในไลเคนประมาณร้อยละ 93 เป็นสาหร่ายสีเขียว มีเพียงร้อยละ 7 เท่านั้นที่เป็นยูแบคทีเรียชนิดไซยาโนแบคทีเรีย สาหร่ายเหล่านี้มีหน้าที่สร้างอาหารด้วยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

3. ชั้นเมดัลลา (medulla layer) อยู่ถัดจากชั้นสาหร่ายลงมาเป็นชั้นของฟังไจ ฟังไจในไลเคนส่วนใหญ่เป็นฟังไจในไฟลัมแอสโคไมโคตา (Phylum Ascomycota) ส่วนน้อยเป็นฟังไจในไฟลัมเบสิดิโอไมโคตา (Phylum Basidiomycota) เป็นชั้นที่กักเก็บความชื้นและสร้างสารเคมีที่จำเป็นต่อการเติบโต และการอยู่รอดในสภาพอากาศที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการดำรงชีวิตของไลเคน

4. ชั้นคอร์เทกซ์ด้านล่าง (lower cortex layer) เป็นชั้นล่างสุดของแทลลัส เป็นส่วนที่ยึดเกาะกับผิววัสดุ

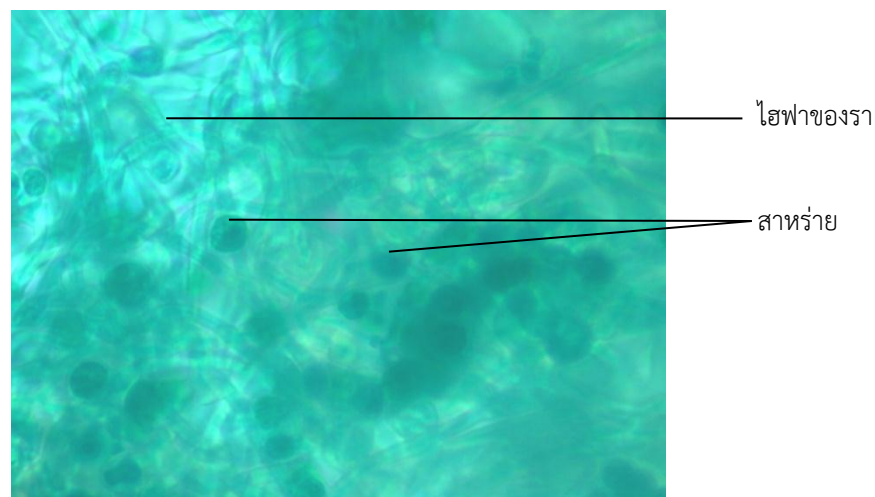


ภาพที่ 3 แทลัสของไลเคนตัดตามขวาง

ก ภาพวาด

ข ภาพถ่าย

(ที่มา <http://joomlas.ru.ac.th/lichen/index.php/lichen>)



ภาพที่ 4 ภาพไลเคนที่ถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ได้จากการทำ squash technique
(ขนาด 400X)

ปัจจุบันมีการจำแนกไลเคนได้มากกว่า 25,000 สปีชีส์ ไลเคนพบได้ทั่วไปบนโลกตั้งแต่หนาวจัด แดงขั้วโลก ร้อนชื้น และร้อนแห้งแล้งแบบทะเลทราย จากชายฝั่งทะเลถึงยอดเขาสูง แต่ไลเคนบางชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในบริเวณที่มีมลพิษทางอากาศ ดังนั้นไลเคนจึงถูกใช้เป็นตัวชี้บ่งคุณภาพอากาศได้

การใช้ไลเคนเพื่อเป็นตัวชี้บ่งคุณภาพอากาศนั้น ก็เพราะว่าไลเคนมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพอากาศ เนื่องจากไลเคนใช้น้ำและสารอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำในสภาพของฝน หมอก น้ำค้าง ในการเจริญเติบโต เมื่อมีสารมลพิษ (pollutant) ในบรรยากาศละลายอยู่ในน้ำจึงเป็นอันตรายต่อไลเคนโดยตรง การที่ไลเคนไม่มีสารประเภทไข (wax) หรือคิวทิเคิลช่วยปกป้องโครงสร้างภายในเช่นเดียวกับพืชชั้นสูง สารมลพิษจากอากาศจึงเข้าสู่เซลล์ต่าง ๆ ทำให้เป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิต

ไลเคนที่ใช้วัดคุณภาพอากาศมี 3 กลุ่ม ได้แก่

1. กลุ่มที่อ่อนไหวมาก เช่น ฟรุติโคสไลเคนจะเจริญเติบโตเฉพาะบริเวณที่มีอากาศสะอาดและมีความชื้นสูง
2. กลุ่มที่อ่อนไหว เช่น โพลีโอสไลเคน ดำรงชีวิตในบริเวณที่มีอากาศดีที่มีมลพิษน้อย
3. กลุ่มที่ทนทานต่ออากาศไม่ดีมีมลพิษมากได้ เช่น ครัสโทสไลเคน

การสำรวจชนิดและปริมาณของไลเคนจะสามารถบอกได้ถึงคุณภาพของอากาศในแต่ละบริเวณได้ เช่น หากบริเวณใดสำรวจพบฟรุติโคสไลเคนก็บ่งบอกได้ว่าบริเวณนั้นยังมีคุณภาพของอากาศที่อยู่ในเกณฑ์ดี หรือหากพบครัสโทสไลเคนในบริเวณนั้นมากแสดงว่าในบริเวณนั้นคุณภาพของอากาศไม่ดี อาจมีสารมลพิษปนเปื้อน ทั้งนี้ต้องใช้ข้อมูลอื่น ๆ ประกอบการวินิจฉัยด้วย

โดยปกติไลเคนเจริญเติบโตช้ามาก โดยเฉลี่ยแล้วครัสโทสไลเคนเติบโตประมาณปีละ 0.5 – 2 มิลลิเมตร โพลีโอสไลเคนประมาณ 0.5 – 4 มิลลิเมตร และฟรุติโคสไลเคนประมาณ 1.5 – 5 มิลลิเมตร เมื่อทราบอัตราการเจริญเติบโตของไลเคนก็สามารถประเมินอายุของวัตถุได้ เรียกวิธีการนี้ว่าไลเคนิเมทรี (Lichenometry)

ในการเก็บตัวอย่างและศึกษาไลเคนอาจประสบปัญหาในการพิจารณาว่าใช่ไลเคนหรือไม่ เนื่องจากไลเคนบางชนิดมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาคล้ายกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เช่น รา สาหร่าย หรือพืชชั้นต่ำ ไลเคนบางชนิดมีสีกลมกลืนกับเปลือกไม้หรือวัสดุที่ไลเคนยึดเกาะ ในสภาพธรรมชาติโพลีโอสไลเคนและฟรุติโคสไลเคน มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่แตกต่างจากสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นค่อนข้างชัดเจนจึงมักไม่เกิดปัญหาในการสังเกต แต่ครัสโทสไลเคนอาจมีความยุ่งยากกว่าเป็นไลเคนหรือไม่ ซึ่งมีวิธีการตรวจสอบเบื้องต้น ดังนี้

1. การพ่นน้ำ เมื่อพ่นน้ำลงบนบริเวณที่สงสัยประมาณ 1 – 2 นาที หากบริเวณนั้นเปลี่ยนเป็นสีเขียวอย่างชัดเจนแสดงว่าสิ่งที่กำลังศึกษาเป็นไลเคนโดยสีเขียวเป็นสีของสาหร่าย
2. การสะกิด เมื่อพ่นน้ำแล้วยังไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นไลเคนหรือไม่เนื่องจากไลเคนบางชนิดอาจไม่มีสีเขียวที่ชัดเจน หรืออาจมีสีเขียวชัดเจนเกินไปจนไม่แน่ใจว่าเป็นไลเคนหรือสาหร่าย อาจใช้มีดสะกิดบนบริเวณที่สงสัยแล้วใช้แว่นขยายส่องดูหากเป็นไลเคนจะเห็นชั้นของสาหร่ายและรา



ใบความรู้ที่ 3 เรื่อง ไบโอม

1. ไบโอมป่าดิบชื้น (tropical rain forest biome)

พบได้ในบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรของโลกในทวีปอเมริกากลาง ทวีปอเมริกาใต้ ทวีปแอฟริกา ทวีปเอเชียตอนใต้ และบริเวณบางส่วนของหมู่เกาะแปซิฟิก ลักษณะของภูมิอากาศร้อนและชื้น มีฝนตกตลอดปี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 200 – 400 เซนติเมตรต่อปี ในป่าชนิดนี้พบพืชและสัตว์หลากหลายนับพันสปีชีส์ เป็นป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงมาก



ก.



ข.



ค.



ง.

ภาพที่ 5 ไบโอมป่าดิบชื้นในประเทศต่าง ๆ

- ก. ป่าดิบชื้นของประเทศออสเตรเลีย (www.austrakiantropicalrainforest.blogspot.com)
- ข. ป่าดิบชื้นของประเทศบราซิล (www.wesbiomes.weekly.com)
- ค. ป่าดิบชื้นของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน (www.tropicalconservationscience.mongaba)
- ง. ป่าดิบชื้นของประเทศไทย

2. ป่าผลัดใบในเขตอบอุ่น (temperate deciduous forest)

พบกระจายทั่วไปในเขตละติจูดกลาง ซึ่งมีปริมาณความชื้นเพียงพอที่ต้นไม้ใหญ่จะเจริญเติบโตได้ โดยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 100 เซนติเมตรต่อปีและมีอากาศค่อนข้างเย็น ในป่าชนิดนี้ต้นไม้จะทิ้งใบหรือผลัดใบก่อนที่จะถึงฤดูหนาวและจะเริ่มผลิใบอีกครั้งหลังจากฤดูหนาวผ่านพ้นไปแล้ว ต้นไม้ที่พบมีหลากหลายทั้งไม้ต้น ไม้พุ่ม รวมถึงพืชล้มลุก



ก.



ข.



ค.



ง.

ภาพที่ 6 ใบโอมป่าผลัดใบในเขตอบอุ่นในประเทศต่าง ๆ

ก. ป่าผลัดใบของประเทศสหรัฐอเมริกา (www.arkive.org/eco-regions/eastern-deciduous-forest/)

ข. ป่าผลัดใบของประเทศญี่ปุ่น (www.faculty.college-prep.org)

ค. ป่าผลัดใบของประเทศโรมาเนีย

(www.nationalgeographicstock.com/ngsimages/explore/explorecomp.jsf?xsys=SE&id=1014843)

ง. ป่าผลัดใบของประเทศไทย

3. ป่าสน (coniferous forest)

ป่าสน ป่าไทกา (taiga) และป่าบอเรียล (boreal) เป็นป่าประเภทเดียวกันที่มีต้นไม้เขียวชอุ่มตลอดปี พบได้ทางตอนใต้ของแคนาดา ทางตอนเหนือของทวีปอเมริกาเหนือ ทวีปเอเชีย และยุโรป ในเขตละติจูดตั้งแต่ 45 – 67 องศาเหนือ ลักษณะของภูมิอากาศมีฤดูหนาวค่อนข้างยาวนาน อากาศเย็นและแห้ง พืชเด่นที่พบ ได้แก่ พืชจำพวกสน เช่น **ไพน์** (pine) **เฟอ** (fir) **สปรูซ** (spruce) และ **เฮมล็อค** (hemlock)



ก.



ข.



ค.



ง.

ภาพที่ 7 ไบโอมป่าสนในประเทศต่าง ๆ

- ก. ป่าสนของประเทศสหรัฐอเมริกา (www.sites.google.com)
- ข. ป่าสนของประเทศสหราชอาณาจักร (www.lifeonland.org.uk)
- ค. ป่าสนของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน (www.nature.org)
- ง. ป่าสนของประเทศแคนาดา

4. ทุ่งหญ้าเขตอบอุ่น (temperate grassland)

ทุ่งหญ้าเขตอบอุ่น หรือที่รู้จักกันในชื่อของทุ่งหญ้าแพรรี (prairie) ในตอนกลางของทวีปอเมริกาเหนือ และทุ่งหญ้าสเตปส์ (steppes) ของประเทศรัสเซีย เป็นต้น สภาพภูมิอากาศมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 25 – 50 เซนติเมตรต่อปี ทุ่งหญ้าเขตอบอุ่นนี้เหมาะสำหรับการทำการกสิกรรมและปศุสัตว์ เพราะดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงมีหญ้านานาชนิดขึ้นอยู่ ส่วนใหญ่พบมีการทำเกษตรกรรมควบคู่ในพื้นที่นี้ด้วย

ดังภาพที่ 8



ก.



ข.



ค.



ง.

ภาพที่ 8 ไบโอมทุ่งหญ้าเขตอบอุ่นในประเทศต่าง ๆ

- ก. ทุ่งหญ้าเขตอบอุ่นของประเทศสหรัฐอเมริกา (www.nature.org)
- ข. ทุ่งหญ้าเขตอบอุ่นของประเทศเนเธอร์แลนด์ (www.eoearth.org)
- ค. ทุ่งหญ้าเขตอบอุ่นของประเทศออสเตรเลีย (www.envcomm.act.gov.au)
- ง. ทุ่งหญ้าเขตอบอุ่นของประเทศแคนาดา (www.encounters.jp/mike/canada/4prairies.html)

5. สะวันนา (savanna)

สะวันนา เป็นทุ่งหญ้าที่พบได้ในทวีปแอฟริกา ทวีปอเมริกาใต้ ทวีปออสเตรเลีย และพบบ้างทางตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย ลักษณะของภูมิอากาศร้อน พืชที่ขึ้นส่วนใหญ่เป็นหญ้าและมีต้นไม้ขึ้นกระจายเป็นหย่อม ๆ ในฤดูร้อนมักมีไฟป่าเกิดขึ้นอยู่เสมอ ๆ



ก.



ข.



ค.



ง.

ภาพที่ 9 ไบโอมทุ่งหญ้าสะวันนาในประเทศต่าง ๆ

- ก. ทุ่งหญ้าสะวันนาของประเทศแทนซาเนีย (www.kids.britanica.com)
- ข. ทุ่งหญ้าสะวันนาของประเทศแอฟริกา (www.blueplanetbiomes.org)
- ค. ทุ่งหญ้าสะวันนาของประเทศเคนยา (www.common.wikimedia.org)
- ง. ทุ่งหญ้าสะวันนาของประเทศบราซิล (www.knowledgescotland.org)

6. ทะเลทราย (desert)

ทะเลทราย พบได้ทั่วไปในโลกในพื้นที่ที่มีปริมาณฝนตกเฉลี่ยน้อยกว่า 25 เซนติเมตรต่อปี ทะเลทรายบางแห่งร้อนมากมีอุณหภูมิเหนือผิวดินสูงถึง 60 องศาเซลเซียสตลอดวัน บางแห่งค่อนข้างหนาวเย็น พืชที่พบในไบโอมทะเลทรายนี้มีการป้องกันการสูญเสียน้ำโดยใบลดรูปเป็นหนาม ลำต้นอวบเก็บสะสมน้ำ ทะเลทรายที่รู้จักกันโดยทั่วไปได้แก่ ทะเลทรายซาฮารา (Sahara) ในทวีปแอฟริกา ทะเลทรายโกบี (Gobi) ในประเทศจีน และทะเลทรายโมฮาวี (Mojave) ในรัฐแคลิฟอร์เนียของประเทศ สหรัฐอเมริกา



ก.



ข.



ค.



ง.

ภาพที่ 10 ไบโอมทะเลทรายในประเทศต่าง ๆ

- ก. ทะเลทรายของรัฐนิวเม็กซิโก ประเทศสหรัฐอเมริกา (www.lternet.edu)
- ข. ทะเลทรายของประเทศแคนาดา (www.johnsonmatel.com)
- ค. ทะเลทรายของประเทศแอลจีเรีย (www.livescience.com/23140-sahara-desert.html)
- ง. ทะเลทรายของประเทศสหราชอาณาจักร (www.archive.bio.ed.ac.uk)

7. ทundra (tundra)

ทundra เป็นเขตที่มีฤดูหนาวค่อนข้างยาวนาน ฤดูร้อนช่วงสั้น ๆ ลักษณะเด่นคือ ชั้นของดินที่อยู่ต่ำจากผิวดินชั้นบนลงไปจะจับตัวเป็นน้ำแข็งอย่างถาวร ทundra พบทางตอนเหนือของทวีปอเมริกาเหนือ และยูเรเชีย พบพืชและสัตว์อาศัยอยู่น้อยชนิด ปริมาณฝนน้อยมาก ในฤดูร้อนช่วงสั้น ๆ น้ำแข็งที่ผิวน้ำดินจะละลาย แต่เนื่องจากน้ำไม่สามารถซึมผ่านลงไปในพื้นที่น้ำแข็งได้จึงท่วมขังอยู่บนผิวดิน ทำให้ปลูกพืชได้ในระยะสั้น ๆ พืชที่พบจะเป็นพวกไม้ดอกและไม้พุ่ม นอกจากนี้ยังพบพวกสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำ เช่น ไลเคนด้วย



ก.



ข.



ค.



ง.

ภาพที่ 11 ไบโอมทundraในประเทศต่าง ๆ

- ก. ทundraของประเทศสวีเดน (www.whs-apbio-2011.blogspot.com)
- ข. ทundraของประเทศแคนาดา (www.gonzaga.k12.nf.ca)
- ค. ทundraของประเทศสหรัฐอเมริกา (www.ic.ucsc.edu)
- ง. ทundraของประเทศสหราชอาณาจักร (www.animalcorner.co.uk)

8. ไบโอมแหล่งน้ำจืด

ไบโอมแหล่งน้ำจืดประกอบด้วยแหล่งน้ำนิ่ง ซึ่งได้แก่ สระ หนองหรือบึง และทะเลสาบ กับแหล่งน้ำไหลซึ่งได้แก่ ธารน้ำไหลและแม่น้ำ เป็นต้น



ก.



ข.



ค.



ง.

ภาพที่ 12 ไบโอมแหล่งน้ำจืดในประเทศต่าง ๆ

ก. แม่น้ำแยงซีของประเทศจีน (www.rivercruises.net)

ข. แม่น้ำออนตาริโอของประเทศแคนาดา (www.my.opera.com)

ค. แม่น้ำโคโรลาโดของประเทศสหรัฐอเมริกา (www.news.nationalgeographic.com)

ง. แม่น้ำโคลของประเทศสหราชอาณาจักร (www.commonswikimedia.org)

9. แหล่งน้ำเค็ม

ประกอบด้วยทะเลสาบ ทะเล และมหาสมุทร ซึ่งพบในปริมาณมากมีถึงร้อยละ 71 ของพื้นที่ผิวโลก และมีความลึกมาก โดยมีความลึกเฉลี่ยถึง 3,750 เมตร แหล่งน้ำเค็มจะแตกต่างกับแหล่งน้ำจืดโดยที่น้ำขึ้นและน้ำลงเป็นปัจจัยทางกายภาพที่สำคัญ



ก.



ข.



ค.



ง.

ภาพที่ 13 ไบโอมแหล่งน้ำเค็มในประเทศต่าง ๆ

ก. เกรตแบรีเออร์รีฟของประเทศออสเตรเลีย (www.roundyourworld.com)

ข. แนวปะการังของหมู่เกาะโคโคโม่ประเทศอินโดนีเซีย (www.turisku.com)

ค. แนวปะการังของหมู่เกาะโอกินาวาประเทศญี่ปุ่น (www.flickr.com)

ง. แนวปะการังของหมู่เกาะฮาวายประเทศสหรัฐอเมริกา (www.pubs.usgs.gov)

เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

แผนการอบรม

แผนการอบรมครูชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สำหรับครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่
เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

เวลา 9 ชั่วโมง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของเมนเดล ผ่านการทำกิจกรรม
2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับจีโนไทป์ ฟีนোটป์

สาระสำคัญ

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เมนเดลได้ศึกษากับลักษณะ 7 ลักษณะของถั่วลันเตา ทำให้ได้ข้อสรุปเป็นกฎ 2 ข้อคือ กฎแห่งการแยก ซึ่งกล่าวว่า ยีนที่อยู่เป็นคู่จะแยกออกจากกันในช่วงการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ โดยเซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์ จะได้รับเพียงแอลลีลใดแอลลีลหนึ่ง ส่วนกฎข้อที่ 2 คือ กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ ซึ่งกล่าวไว้ว่า ยีนที่เป็นคู่กันเมื่อแยกออกจากกันแล้ว จะจัดกลุ่มอย่างอิสระกับยีนอื่น ซึ่งแยกออกจากคู่เช่นกัน เพื่อเข้าไปยังเซลล์สืบพันธุ์ เมื่อเกิดการปฏิสนธิโดยสุ่มลูกที่ได้จะมีโอกาสแสดงลักษณะที่มีความหลากหลายซึ่งขึ้นกับยีนในเซลล์สืบพันธุ์ที่ได้รับมาจากพ่อและแม่ ดังนั้นหากพิจารณาจากการผสมโดยพิจารณาลักษณะเดียว (monohybrid cross) อัตราส่วนที่ได้ของรุ่น F_2 จะเป็นลักษณะเด่น : ลักษณะด้อย เท่ากับ 3:1 หากผสมโดยพิจารณาสองลักษณะ (dihybrid cross) อัตราส่วนที่ได้ของรุ่น F_2 จะเป็นลักษณะเด่น – ลักษณะเด่น : ลักษณะเด่น – ลักษณะด้อย : ลักษณะด้อย – ลักษณะเด่น : ลักษณะด้อย – ลักษณะด้อย เท่ากับ 9:3:3:1

ในการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตจะศึกษาจากลักษณะที่ปรากฏ เรียกว่า ฟีนোটป์ (phenotype) ซึ่งลักษณะที่ปรากฏนี้จะถูกควบคุมด้วยยีน เรียกว่า จีโนไทป์ (genotype)

ความรู้พื้นฐาน

1. ยีนและโครโมโซม
2. ความน่าจะเป็น

สื่อการเรียนรู้

1. เอกสารประกอบการอบรม 1: ใบกิจกรรมที่ 1 – 4
2. เอกสารประกอบการอบรม 2: ใบงานที่ 1 – 4
3. เอกสารประกอบการอบรม 3: ใบความรู้ที่ 1 – 2
4. ชุดภาพครอบครัวสิ่งมีชีวิต
5. สื่อประกอบกิจกรรมที่ 1 – 4
6. โสตทัศนูปกรณ์ Computer และ LCD projector



แนวทางการจัดกิจกรรม

กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน วิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมดูชุดของภาพต่าง ๆ ที่นำมาให้แล้วถามผู้เข้ารับการอบรมว่า - ภาพชุดที่เห็นมีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร - เหตุใดลูกจึงมีลักษณะคล้ายกับพ่อแม่ของตนมาก แต่แตกต่างจากพ่อแม่ในภาพอื่น นักเรียนตอบคำถามและอภิปรายร่วมกันเพื่อนำเข้าสู่รายละเอียดของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของเมนเดล	- ภาพสัตว์ที่เป็นแม่ และ ลูก 2 – 3 ภาพ - ภาพคนที่เป็นแม่ และ ลูก 1 ภาพ	- สังเกตการมีส่วนร่วมในการอภิปรายและตอบคำถาม
2. ขั้นสอน 1) วิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมทำกิจกรรมที่ 1 เรื่อง กฎของเมนเดลและกฎของความน่าจะเป็น ตอนที่ 1 และ ตอนที่ 2 แล้วบันทึกผลลงในใบงานที่ 1 เมื่อทำกิจกรรมเสร็จแล้ว วิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมร่วมกันสรุปว่า ผลการศึกษาสัมพันธ์กับกฎของเมนเดลอย่างไร 2) วิทยากรใช้ภาพครอบครัวสัตว์ที่เตรียมมาแล้วถามผู้เข้ารับการอบรมว่า - ในภาพครอบครัวสัตว์นี้ลูกส่วนใหญ่มีลักษณะใดบ้างที่เหมือนกัน และมีลักษณะใดบ้างที่แตกต่างกัน - ลักษณะของลูกตัวที่เหมือนกับแม่ เป็นอย่างไร และได้มาอย่างไร	- ใบงานที่ 1 - ใบความรู้ที่ 1 - ใบความรู้ที่ 2 - ภาพขณะที่แสงที่สามารถใช้มือล้วงได้ จำนวน 4 ใบ - ลูกปัดลักษณะและขนาดเดียวกัน 4 สี ได้แก่ สีแดง สีขาว สีเขียว และ สีเหลือง - ถูพลาสติกใสแบบซิปปขนาดเล็ก - ใบงานที่ 2 - ภาพครอบครัวสัตว์ - กระดาษสติ๊กเกอร์ ที่มีสัญลักษณ์ของลักษณะที่กำหนดให้ จำนวน 1 แผ่น - กรรไกร	- ตรวจสอบผลงานกลุ่มจากการตอบคำถามในใบงานที่ 1 - สังเกตการมีส่วนร่วมในการอภิปรายและกิจกรรมกลุ่ม



กิจกรรม	สื่อ/ เอกสาร	วัดและประเมินผล
4) วิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมทำกิจกรรมที่ 4 เรื่อง การแก้ไขพันธุศาสตร์ โดยให้ผู้เข้ารับการอบรมแต่ละกลุ่มร่วมกันทำโจทย์ เพื่อทบทวนความรู้ที่ได้รับจากการอบรม แล้วบันทึกผลลงในใบงานที่ 4 จากนั้นให้ผู้เข้ารับการอบรมแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอวิธีการทำโจทย์ และอภิปรายถึงที่มาของคำตอบร่วมกัน	- ใบงานที่ 4	- ตรวจผลงานกลุ่มจากการแก้ไขพันธุศาสตร์
3. ขึ้นสรุป วิทยากรให้ผู้เข้ารับการอบรมสรุปองค์ความรู้เกี่ยวกับพันธุศาสตร์ที่ได้อบรมไปแล้ว รวมทั้งตอบข้อซักถามเกี่ยวกับการแก้ไขพันธุศาสตร์		

การประเมินผล

รายการประเมินผล	เกณฑ์การให้คะแนน (คะแนนเต็ม 21 คะแนน)	เครื่องมือ
การมีส่วนร่วมในกิจกรรม	คะแนนเต็ม 9 คะแนน โดย - 3 คะแนน เมื่อมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมที่ 1 - 2 คะแนน เมื่อมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมที่ 2 - 2 คะแนน เมื่อมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมที่ 3 - 2 คะแนน เมื่อมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมที่ 4	
ชิ้นงาน ชิ้นงานกลุ่ม (ใบงานที่ 2) ภาพสัตว์เลี้ยงน่ารัก ชิ้นงานกลุ่ม (ใบงานที่ 3) - การปั้นดินน้ำมันของการแบ่งเซลล์ ในระยะไมโอซิส I และไมโอซิส II	คะแนนเต็ม 4 คะแนน โดย - 2 คะแนน จากการทำกิจกรรมในข้อที่ 2 - 2 คะแนน จากการทำกิจกรรมในข้อที่ 3 คะแนนเต็ม 4 คะแนน โดย - 2 คะแนน จากการบันทึกผลลงในตาราง - 2 คะแนน จากการวาดภาพหน้าคน	- ใบงานที่ 2 - ใบงานที่ 3

รายการประเมินผล	เกณฑ์การให้คะแนน (คะแนนเต็ม 21 คะแนน)	เครื่องมือ
การนำเสนอผลงาน กิจกรรมที่ 1 ใบงานที่ 1 กิจกรรมที่ 2 ใบงานที่ 2	คะแนนเต็ม 4 คะแนน โดย - 2 คะแนน จากการตอบคำถามในใบงานที่ 1 - 1 คะแนน จากการนำเสนอผลงานและการตอบคำถามในใบงานที่ 3 - 1 คะแนน จากการนำเสนอผลงานในใบงานที่ 4	- คำถามในกิจกรรมที่ 1 ใบงานที่ 1 ใบงานที่ 3 และ ใบงานที่ 4

เอกสารประกอบแผนการอบรม

ใบกิจกรรมที่ 1

เรื่อง กฎของเมนเดลและกฎของความน่าจะเป็น

วัตถุประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถ

1. อธิบายและยกตัวอย่างกฎแห่งการแยกและกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ
2. นำกฎของเมนเดลและกฎของความน่าจะเป็นไปใช้ในการหาโอกาสการเกิดลักษณะของลูกที่เกิดจากพ่อแม่ที่มีลักษณะที่กำหนด
3. ใช้ไคสแควร์ในการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างค่าที่ได้จากผลการทดลองและค่าที่ได้ตามทฤษฎี

สื่อ – อุปกรณ์

1. ภาชนะทึบแสงที่สามารถใช้มือล้วงได้ จำนวน 4 ใบ
2. ลูกปัดลักษณะและขนาดเดียวกัน 4 สี ได้แก่ สีแดง สีขาว สีเขียวและสีเหลือง อย่างน้อยสีละ 60 เม็ด
3. ถุงพลาสติกใสแบบซิปล
4. ใบงานที่ 1 เรื่อง กฎของเมนเดลและกฎของความน่าจะเป็น
5. ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง กฎของเมนเดลและกฎของความน่าจะเป็น
6. ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง การทดสอบไคสแควร์

วิธีการ

ตอนที่ 1

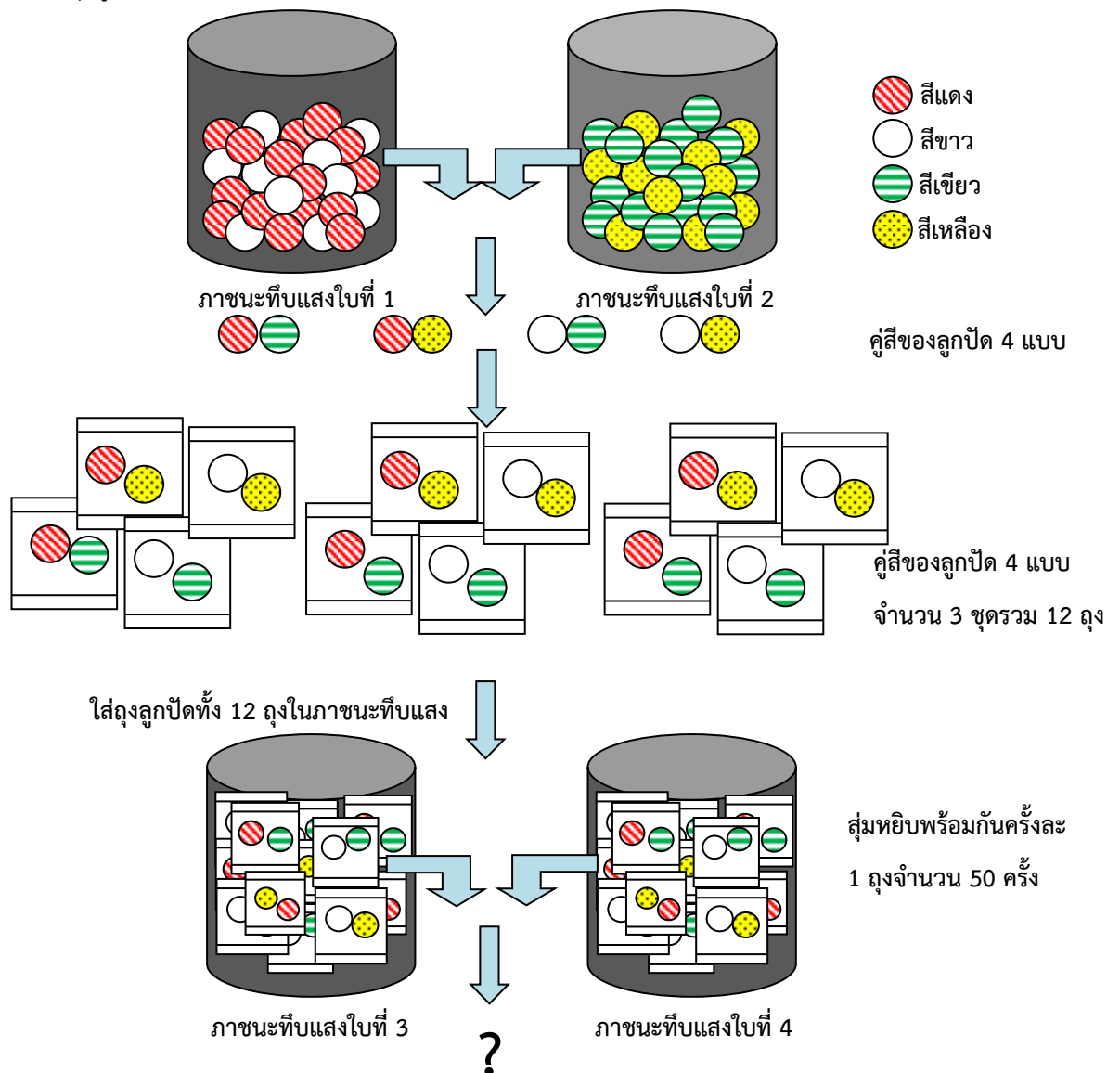
1. นำลูกปัดสีใดสีหนึ่ง เช่น สีแดงจำนวน 10 เม็ดใส่ลงในภาชนะทึบแสงใบที่ 1 สุ่มหยิบลูกปัดให้ได้ครั้งละ 1 เม็ดจำนวน 5 ครั้ง บันทึกผล และหลังการหยิบทุกครั้งใส่ลูกปัดคืนกลับลงในภาชนะทึบแสง
2. นำลูกปัด 2 สี เช่น สีแดงและสีขาวอย่างละ 10 เม็ด ใส่ลงในภาชนะทึบแสงใบที่ 2 สุ่มหยิบลูกปัดให้ได้ครั้งละ 1 เม็ด ออกจากภาชนะทึบแสงจำนวน 30 ครั้ง บันทึกผล และหลังการหยิบทุกครั้งใส่ลูกปัดคืนกลับลงในภาชนะทึบแสง
3. นำลูกปัด 2 สี เช่น สีแดงและสีขาวอย่างละ 10 เม็ด ใส่ลงในภาชนะทึบแสงใบที่ 3 ใช้มือสองข้างสุ่มหยิบลูกปัดมาจากภาชนะทึบแสงใบที่ 2 และ 3 พร้อมกัน ครั้งละ 1 เม็ด จำนวน 50 ครั้ง บันทึกผล และหลังการหยิบทุกครั้งใส่ลูกปัดคืนกลับลงในภาชนะทึบแสง



ตอนที่ 2

1. นำลูกปัดสีแดงและสีขาวอย่างละ 20 เม็ด ใส่ลงในภาชนะทึบแสงใบที่ 1 นำลูกปัดสีเขียวและสีเหลืองอย่างละ 20 เม็ด ใส่ลงในภาชนะทึบแสงใบที่ 2 ใช้มือสองข้างสุ่มหยิบลูกปัดมาจากภาชนะทึบแสงใบที่ 1 และ 2 พร้อมกันครั้งละ 1 เม็ด จำนวน 50 ครั้ง บันทึกผล และหลังการหยิบทุกครั้งใส่ลูกปัดคืนกลับลงในภาชนะทึบแสง

2. นำคูสีของลูกปัดที่ได้จากการทดลองในข้อ 1 ใส่ลงในถุงพลาสติกใสแบบซิปลิด 1 คู่ ปิดปากถุงให้สนิท ซึ่งจะได้คูสีทั้งหมด 4 แบบหรือ 4 ถุง เรียกรวมเป็น 1 ชุด ทำเพิ่มอีก 2 ชุด รวมเป็น 3 ชุด มี 12 ถุง ใส่ลงในภาชนะทึบแสงใบที่ 3 ทำแบบเดียวกันนี้กับภาชนะทึบแสงใบที่ 4 ใช้มือสองข้างสุ่มหยิบลูกปัดมาจากภาชนะทึบแสงใบที่ 3 และ 4 พร้อมกัน ครั้งละ 1 ถุง บันทึกผล จำนวน 50 ครั้ง และหลังการหยิบทุกครั้งใส่ถุงลูกปัดคืนกลับลงในภาชนะทึบแสง



ใบกิจกรรมที่ 2

เรื่อง สัตว์เลี้ยงน่ารัก

วัตถุประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถ

1. อธิบายความหมายและยกตัวอย่างจีโนไทป์และฟีโนไทป์
2. เขียนจีโนไทป์ของสัตว์เลี้ยงน่ารักที่เกิดจากพ่อและแม่ที่กำหนดจีโนไทป์ให้แล้ว

สื่อ – อุปกรณ์

1. กระดาษสติ๊กเกอร์ ที่มีสัญลักษณ์ของลักษณะที่กำหนดให้ จำนวน 1 แผ่น
2. กระดาษขาว ที่มีโครงหน้าของสัตว์เลี้ยง 2 ตัว จำนวน 3 แผ่น
3. กรรไกร
4. ใบงานที่ 2

วิธีการ

1. ให้นำสัญลักษณ์ที่กำหนดลักษณะของพ่อแม่สัตว์เลี้ยงและจีโนไทป์ที่ควบคุมลักษณะเหล่านี้ไปสร้างลักษณะของสัตว์เลี้ยงที่น่ารัก พร้อมทั้งเขียนจีโนไทป์และตั้งชื่อสัตว์เลี้ยงที่น่ารักเหล่านั้นด้วย
2. บันทึกลักษณะของสัตว์เลี้ยงที่สร้างใหม่ลงในใบงานที่ 2



ใบกิจกรรมที่ 3

เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมของหน้าคน

วัตถุประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถ

1. แปลความหมายและทำนายแบบแผนการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมบางลักษณะของหน้าคน โดยใช้กฎความน่าจะเป็น
2. จำลองและอธิบายรูปแบบการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมของหน้าคน

วัสดุอุปกรณ์

1. เหรียญบาท 2 เหรียญ
2. ดินสอสี
3. ใบงานที่ 3 ตอนที่ 1 และตอนที่ 2

วิธีการ

ตอนที่ 1

1. กำหนดให้สมาชิก 2 คนในกลุ่มคนหนึ่งเป็นพ่อและคนหนึ่งเป็นแม่ ให้คนที่เป็พ่อโยนเหรียญเพื่อกำหนดเพศของลูก
2. ให้พ่อและแม่โยนเหรียญพร้อมกันตามลักษณะต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในใบงานที่ 3 ตอนที่ 1 แล้วบันทึกผล

ตอนที่ 2

- 1.ให้นำผลจากตอนที่ 1 มาวาดภาพใบหน้าของลูกและระบายสีให้สวยงาม พร้อมทั้งเขียนชื่อพ่อแม่และตั้งชื่อลูก นำภาพของลูกไปติดที่ผนังห้อง
2. สมมติว่าลูกเติบโตเป็นหนุ่มสาว ให้พ่อแม่ของลูกชายไปสู่ขอลูกสาวให้แต่งงานกับลูกชายของตนเมื่อได้หลานให้หาโอกาสที่หลานของตนเป็นผู้หญิงหรือผู้ชาย และอาจจะมีลักษณะใบหน้าอย่างไรโดยการโยนเหรียญเช่นเดียวกับตอนที่ 1 แล้วบันทึกผลลงในใบงานที่ 3 ตอนที่ 2

ใบกิจกรรมที่ 4

เรื่อง การแก้โจทย์พันธุศาสตร์

วัตถุประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถ
มีทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาทางพันธุศาสตร์

วัสดุอุปกรณ์

1. ใบงานที่ 4

วิธีการ

1. ให้ผู้เข้ารับการอบรมส่งตัวแทนมาแก้โจทย์ปัญหาทางพันธุศาสตร์บนกระดานดำหน้าชั้นเรียนตามที่กำหนดให้
2. ผู้เข้ารับการอบรมที่เหลือใช้ทักษะการแก้ปัญหาด้วยตนเองพร้อมกันกับตัวแทน
3. วิทยากรเฉลยคำตอบและอธิบายทักษะที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางพันธุศาสตร์ร่วมกับผู้เข้ารับการอบรม

ใบงานที่ 1

เรื่อง กฎของเมนเดลและกฎของความน่าจะเป็น

จงเติมผลการทดลองลงในตาราง

การทดลองตอนที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการหิบลูกปัด 1 สีออกจากภาชนะทึบแสง

ครั้งที่	สีของลูกปัดที่หยิบได้
1	
2	
3	
4	
5	

ตารางที่ 2 แสดงสีของลูกปัดที่หยิบได้และค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่หยิบได้จากภาชนะทึบแสง

กลุ่มที่	สีของลูกปัดที่หยิบได้	จำนวนครั้งที่หยิบได้
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
ค่าเฉลี่ย		

คำถาม 1. ถ้าลูกปัดสีแดงแทนยีนเด่น การหิบลูกปัดทำให้ลูกปัดแยกออกจากกัน โอกาสที่จะได้ลูกปัดสีแดงเป็นเท่าใด

.....

2. ลูกปัดสีแดงที่อยู่ในภาชนะทึบแสงแทนลักษณะพันธุ์แท้หรือลูกผสม เพราะเหตุใด

.....

3. ลักษณะที่เป็นพันธุ์แท้สร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้กี่แบบ

.....

ตารางที่ 3 แสดงผลการหิบลูกปิด 2 สืออกจากภาชนะทึบแสงใบที่ 1

ครั้งที่	สีของลูกปิดที่หิบบได้	ครั้งที่	สีของลูกปิดที่หิบบได้	ครั้งที่	สีของลูกปิดที่หิบบได้
1		11		21	
2		12		22	
3		13		23	
4		14		24	
5		15		25	
6		16		26	
7		17		27	
8		18		28	
9		19		29	
10		20		30	

ตารางที่ 4 แสดงสีของลูกปิดที่หิบบได้และค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่หิบบได้จากภาชนะทึบแสงใบที่ 1

กลุ่มที่	สีของลูกปิดที่หิบบได้	
	สีแดง	สีขาว
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
ค่าเฉลี่ย		
อัตราส่วนอย่างต่ำ		

คำถาม 1. ถ้าลูกปิดสีแดงแทนยีนเด่น ลูกปิดสีขาวแทนยีนด้อย การหิบลูกปิดทำให้ลูกปิดแยกออกจากกัน โอกาสที่จะได้ลูกปิดสีแดงต่อโอกาสที่จะได้ลูกปิดสีขาวเป็นเท่าใด

.....

2. ลูกปิดสีแดงและสีขาวที่อยู่ในภาชนะทึบแสงแทนลักษณะพันธุ์แท้หรือลูกผสม เพราะเหตุใด

.....



3. ลักษณะ 1 ลักษณะที่เป็นลูกผสมสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้กี่แบบ

.....

ตารางที่ 5 แสดงผลการหิบลูกปิด 2 สี ออกจากภาชนะทึบแสงใบที่ 2 และ 3

ครั้งที่	สีของลูกปิดที่หิบบได้		ครั้งที่	สีของลูกปิดที่หิบบได้	
	ภาชนะทึบแสง ใบที่ 2	ภาชนะทึบแสง ใบที่ 3		ภาชนะทึบแสง ใบที่ 2	ภาชนะทึบแสง ใบที่ 3
1			26		
2			27		
3			28		
4			29		
5			30		
6			31		
7			32		
8			33		
9			34		
10			35		
11			36		
12			37		
13			38		
14			39		
15			40		
16			41		
17			42		
18			43		
19			44		
20			45		
21			46		
22			47		
23			48		
24			49		
25			50		

ตารางที่ 6 แสดงสีที่หิบบได้และค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่หิบบได้จากภาชนะทึบแสงใบที่ 1

กลุ่มที่	สีของลูกปัดและจำนวนครั้งที่หิบบได้		
	แดง – แดง	แดง – ขาว หรือ ขาว – แดง	ขาว – ขาว
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
ค่าเฉลี่ย			
อัตราส่วนอย่างต่ำ			

- คำถาม**
- ถ้าลูกปัดสีแดงแทนยืนเด่น ลูกปัดสีขาวแทนยืนด้อย ลูกปัดในภาชนะทึบแสงแต่ละใบจะควบคุมลักษณะที่เป็นพันธุ์แท้หรือลูกผสม
.....
 - ภาชนะทึบแสงแต่ละใบสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้กี่แบบ และมีโอกาสเกิดแต่ละแบบเท่าใด
.....
 - คู่ของสีลูกปัดที่หิบบได้จากภาชนะทึบแสงใบที่ 2 และ 3 มีกี่แบบ แบบใดบ้างและมีโอกาสเกิดเท่าใด
.....
 - ถ้าการหิบบลูกปัดแบบนี้เหมือนกับการเข้าคู่ของยีนเมื่อเกิดการปฏิสนธิ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของเมนเดลที่ผสมโดยพิจารณาลักษณะเดียวหรือไม่อย่างไร
ให้ใช้การทดสอบไคสแควร์เพื่อยืนยันข้อสรุป
.....
.....



การทดลองตอนที่ 2

ตารางที่ 7 แสดงผลการหยิบลูกปัดออกจากภาชนะที่บ่งแสงใบที่ 1 และ 2 (ทำเครื่องหมาย X ลงในตาราง)

ครั้งที่	สีของลูกปัด 2 เม็ดที่หยิบได้			
	แบบที่ 1 (สี...../ สี.....)	แบบที่ 2 (สี...../ สี.....)	แบบที่ 3 (สี...../ สี.....)	แบบที่ 4 (สี...../ สี.....)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				



ครั้งที่	สีของลูกปัด 2 เม็ดที่หยิบได้			
	แบบที่ 1 (สี...../ สี.....)	แบบที่ 2 (สี...../ สี.....)	แบบที่ 3 (สี...../ สี.....)	แบบที่ 4 (สี...../ สี.....)
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50				

ตารางที่ 8 แสดงผลการหิบลูกปิดออกจากภาชนะที่บแสงใบที่ 1 และ 2

กลุ่มที่	สีของลูกปิด 2 เม็ดที่หิบลได้			
	แบบที่ 1 (สี...../ สี.....)	แบบที่ 2 (สี...../ สี.....)	แบบที่ 3 (สี...../ สี.....)	แบบที่ 4 (สี...../ สี.....)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
ค่าเฉลี่ย				
อัตราส่วนอย่างต่ำ				

คำถาม ถ้าลูกปิดสีแดงเป็นยีน A ลูกปิดสีขาวเป็นยีน a ที่ควบคุมลักษณะหนึ่ง ลูกปิดสีเขียวเป็นยีน B ลูกปิดสีเหลืองเป็นยีน b ที่ควบคุมอีกลักษณะหนึ่ง

1. ลูกปิดที่หิบลออกจากภาชนะที่บแสงแต่ละใบ เป็นไปตามกฎของเมนเดลข้อใด
.....
2. ลูกปิดจากภาชนะที่บแสงใบที่ 1 เมื่อไปรวมกับลูกปิดจากภาชนะที่บแสงใบที่ 2 เป็นไปตามกฎของเมนเดลข้อใด
.....
3. สิ่งมีชีวิตที่เป็นพันธุ์แท้หรือลูกผสมจะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ที่มีความหลากหลายมากกว่ากัน เพราะเหตุใด
.....
4. ถ้าการหิบลูกปิดแบบนี้เหมือนกับการแยกออกจากกันและการเข้าคู่ของยีนเมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของเมนเดลหรือไม่อย่างไร ให้ใช้การทดสอบไคสแควร์เพื่อยืนยันข้อสรุป
.....

ตารางที่ 9 แสดงผลการหิบบุญใส่ลูกปัดออกจากภาชนะทึบแสงใบที่ 3 และ 4 (เติมสีลูกปัดในถุงลงในตาราง)

ครั้งที่	รูปแบบที่จับได้	ครั้งที่	รูปแบบที่จับได้	ครั้งที่	รูปแบบที่จับได้	ครั้งที่	รูปแบบที่จับได้
1		14		27		40	
2		15		28		41	
3		16		29		42	
4		17		30		43	
5		18		31		44	
6		19		32		45	
7		20		33		46	
8		21		34		47	
9		22		35		48	
10		23		36		49	
11		24		37		50	
12		25		38			
13		26		39			

ตารางที่ 10 แสดงผลการหิบบุญใส่ลูกปัดออกจากภาชนะทึบแสงใบที่ 3 และ 4

กลุ่มที่	จำนวนครั้งของรูปแบบสีลูกปัดที่จับได้								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
ค่าเฉลี่ย									
อัตราส่วน อย่างต่ำ									

หมายเหตุ	รูปแบบสีลูกปัดมี 9 แบบ ดังนี้
รูปแบบ I	คือ แดง – เหลือง/ แดง – เหลือง
รูปแบบ II	คือ แดง – เหลือง/ แดง – เขียว
รูปแบบ III	คือ แดง – เหลือง/ ขาว – เหลือง
รูปแบบ IV	คือ แดง – เหลือง/ ขาว – เขียว เหมือนกับ แดง – เขียว/ ขาว – เหลือง
รูปแบบ V	คือ แดง – เขียว/ แดง – เขียว
รูปแบบ VI	คือ แดง – เขียว/ ขาว – เขียว
รูปแบบ VII	คือ ขาว – เหลือง/ ขาว – เหลือง
รูปแบบ VIII	คือ ขาว – เหลือง/ ขาว – เขียว
รูปแบบ IX	คือ ขาว – เขียว/ ขาว – เขียว

คำถาม ถ้าลูกปัดสีแดงเป็นยีน A ลูกปัดสีขาวเป็นยีน a ที่ควบคุมลักษณะหนึ่ง ลูกปัดสีเขียวเป็นยีน B ลูกปัดสีเหลืองเป็นยีน b ที่ควบคุมอีกลักษณะหนึ่ง

1. สีของลูกปัดในถุงพลาสติกใบที่ 1 และใบที่ 2 ที่จับได้ซึ่งคือรูปแบบยีนที่ได้มีกี่แบบ อะไรบ้าง

.....

2. รูปแบบยีนที่ควบคุมลักษณะเด่นพันธุ์แท้ทั้งสองลักษณะมีกี่แบบ อะไรบ้าง และมีโอกาสเกิดเท่าใด

.....

3. รูปแบบที่ควบคุมลักษณะด้อยทั้งสองลักษณะมีกี่แบบ อะไรบ้าง และมีโอกาสเกิดเท่าใด

.....

4. รูปแบบที่ควบคุมลักษณะลูกผสมทั้งสองลักษณะมีกี่แบบ และมีโอกาสเกิดเท่าใด

.....

5. รูปแบบที่ควบคุมลักษณะพันธุ์เด่นพันธุ์แท้ 1 ลักษณะ ลูกผสม 1 ลักษณะ มีกี่แบบและมีโอกาสเกิดเท่าใด

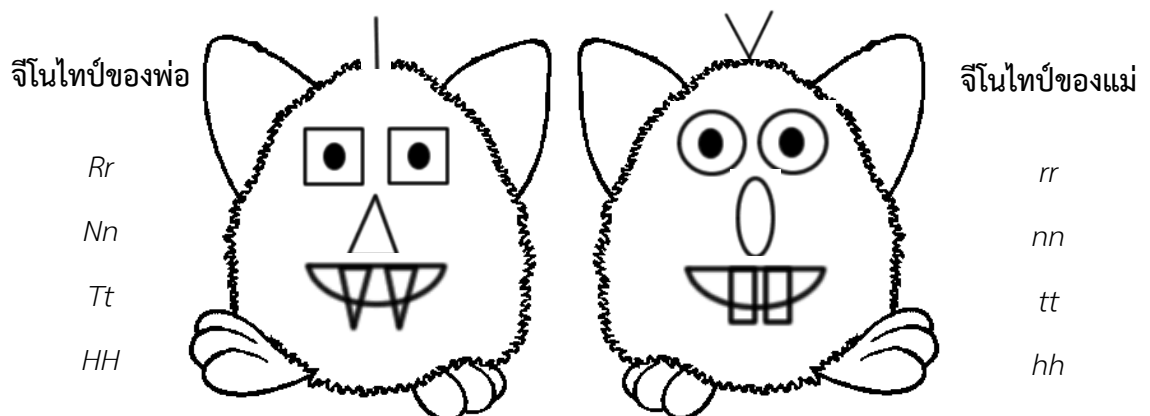
.....

ใบงานที่ 2
เรื่อง สัตว์เลี้ยงน่ารัก

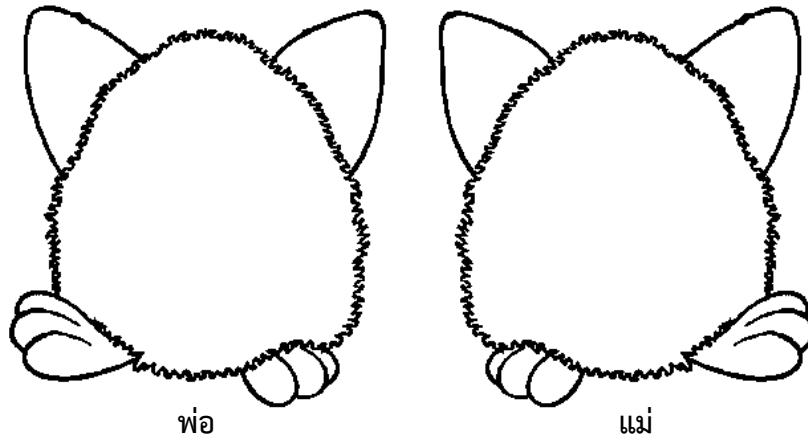
1. สัญลักษณ์ที่กำหนดลักษณะของพ่อแม่สัตว์เลี้ยงและจีโนไทป์ที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ มีดังนี้

ลักษณะ	ความแปรผันของลักษณะ
รูปร่างตา	  RR หรือ Rr rr
รูปร่างจมูก	  NN หรือ Nn nn
ลักษณะฟันหน้า	  TT หรือ Tt tt
ลักษณะเส้นขน	   HH Hh hh

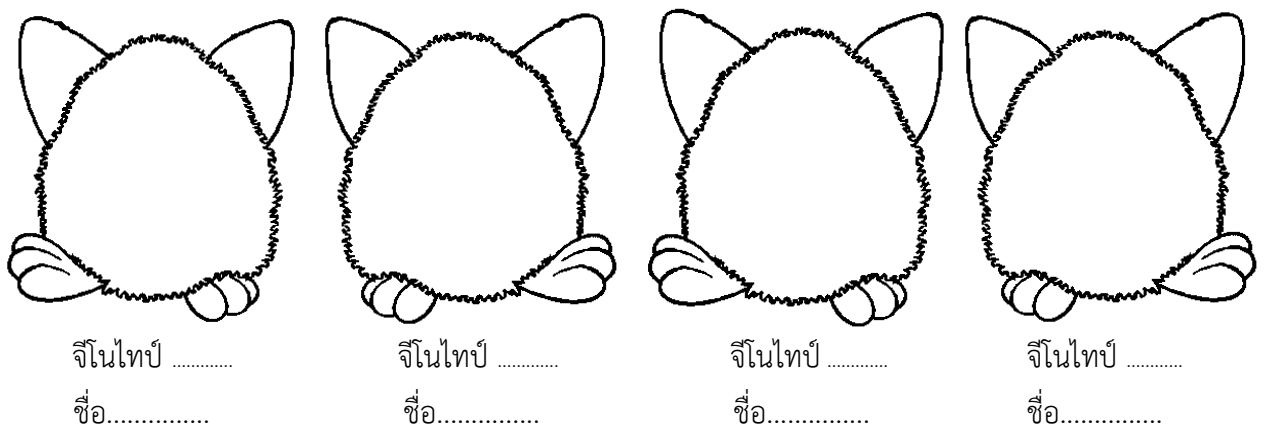
2. ตัวอย่างของสัตว์เลี้ยงที่ใช้สัญลักษณ์เหล่านี้เป็นดังภาพ



2.1 ถ้าพ่อแม่สัตว์เลื้อยมีจีโนไทป์เป็น $RrNnTtHh$ และ $RrNnTtHh$ พีนไทป์ของพ่อแม่สัตว์เลื้อยนี้เป็นอย่างไร ให้ติดสัญลักษณ์ลงในใบหน้า



2.2 จงสร้างตัวอย่างลักษณะสัตว์เลื้อยที่มีโอกาสเกิดจากพ่อแม่คู่นี้มา 4 ตัวอย่าง พร้อมเขียนจีโนไทป์ และตั้งชื่อให้กับสัตว์เลื้อย



3. จงสร้างลักษณะสัตว์เลื้อยที่มีใบหน้าและส่วนประกอบของใบหน้าที่ตามจินตนาการมา 1 แบบ โดยให้ออกแบบสัญลักษณ์และลักษณะต่าง ๆ ที่ลักษณะก็ได้ วาดภาพใบหน้าที่ของสัตว์เลื้อยพร้อมทั้งเขียนบรรยายพีนไทป์และบอกจีโนไทป์ที่ควบคุมลักษณะเหล่านั้น

ฟีโนไทป์ของใบหน้า

.....
.....

สัญลักษณ์แทนยีน

.....
.....
.....
.....

จีโนไทป์

.....
.....
.....



ใบงานที่ 3

เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของหน้าคน

ตอนที่ 1

1. เพศของลูกที่ได้จากการโยนเหรียญ
2. ตารางบันทึกผลการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของรุ่นลูก

ลำดับที่	ลักษณะ	จีโนไทป์ของ แม่	จีโนไทป์ของ พ่อ	จีโนไทป์ ของลูก	ฟีโนไทป์ ของลูก	โอกาสการ เกิดลักษณะนี้
1	รูปทรงใบหน้า	Aa	Aa			
2	รอยยิ้มที่ค้าง	Bb	Bb			
3	สีผิว	CcDdEe	CcDdEe			
4	สีผม	FfGgHhIi	FfGgHhIi			
5	ลักษณะผม	J ₁ J ₂	J ₁ J ₂			
6	รอยหยักที่ไรผม	Kk	Kk			
7	สีตา	Ll Mm	Ll Mm			
8	รูปทรงของตา	Nn	Nn			
9	ขนตา	Oo	Oo			
10	สีคิ้ว	P ₁ P ₂	P ₁ P ₂			
11	ความหนาของ คิ้ว	Qq	Qq			
12	ความหนาของ ริมฝีปาก	R ₁ R ₂	R ₁ R ₂			
13	ลักยิ้ม	Ss	Ss			
14	ดั้งหู	Tt	Tt			
15	ขนาดจมูก	U ₁ U ₂	U ₁ U ₂			

โอกาสที่จะได้ลูกที่มีเพศและลักษณะดังตารางตั้งแต่ข้อ 1 – 15 คิดเป็นเท่าใด

.....

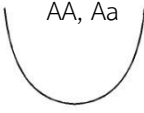
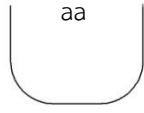
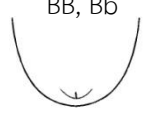
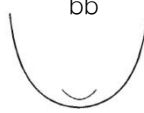
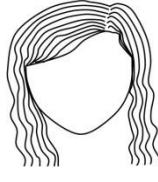
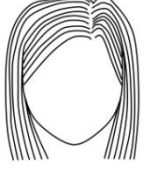


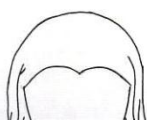
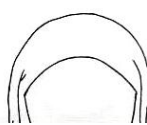
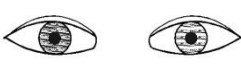
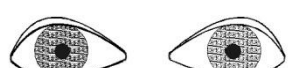
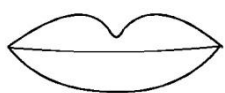
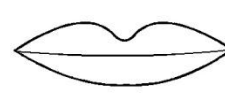
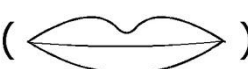
ตอนที่ 2

1. ภาพวาดใบหน้าของลูกที่ได้จากลักษณะที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้

พ่อชื่อ..... แม่ชื่อ..... ลูกชื่อ.....

ลักษณะพันธุกรรมของหน้าคน

1.	รูปทรงหน้า	รูปไข่หรือค่อนข้างกลม AA, Aa 	รูปเหลี่ยม aa 	
2.	รอยยิ้มที่ค้าง	ค้างยิ้ม BB, Bb 	ค้างไม่ยิ้ม bb 	
3.	สีผิว (ถูกควบคุมโดยยีน จำนวน 3 คู่)	หากได้แอลลีลเด่นจำนวน 6 แอลลีล = ผิวสีดำ (CCDDEE) หากได้แอลลีลเด่นจำนวน 5 แอลลีล = ผิวสีน้ำตาลเข้มมาก หากได้แอลลีลเด่นจำนวน 4 แอลลีล = ผิวสีน้ำตาล หากได้แอลลีลเด่นจำนวน 3 แอลลีล = ผิวสีน้ำตาลปานกลาง หากได้แอลลีลเด่นจำนวน 2 แอลลีล = ผิวสีน้ำตาลอ่อน หากได้แอลลีลเด่นจำนวน 1 แอลลีล = ผิวสีน้ำตาลอ่อนมาก หากได้แอลลีลเด่นจำนวน 0 แอลลีล = ผิวสีขาว (ccddeee)		
4.	สีผม (ถูกควบคุมโดยยีน จำนวน 4 คู่)	หากได้แอลลีลเด่นจำนวน 8 แอลลีล = ผมสีดำ (FFGGHHII) หากได้แอลลีลเด่นจำนวน 7 แอลลีล = ผมสีน้ำตาลเข้มมาก หากได้แอลลีลเด่นจำนวน 6 แอลลีล = ผมสีน้ำตาลเข้ม หากได้แอลลีลเด่นจำนวน 5 แอลลีล = ผมสีน้ำตาล หากได้แอลลีลเด่นจำนวน 4 แอลลีล = ผมสีน้ำตาลอ่อน หากได้แอลลีลเด่นจำนวน 3 แอลลีล = ผมสีน้ำตาลผสมบลอนด์ (blonde) หากได้แอลลีลเด่นจำนวน 2 แอลลีล = ผมสีบลอนด์ หากได้แอลลีลเด่นจำนวน 1 แอลลีล = ผมสีบลอนด์ อ่อนมาก หากได้แอลลีลเด่นจำนวน 0 แอลลีล = ผมสีขาวเงิน (ffgghhii)		
5.	ลักษณะผม	ผมหยิก J_1J_1 	ผมหยักศก ทำผมหยัก J_1J_2 	ผมตรง J_2J_2 

6.	รอยหยักที่ไผ่	มีรอยหยัก KK, Kk 	ไม่มีรอยหยัก kk 	
7.	สีตา	LLMM = ดำ LLMm = น้ำตาลเข้ม LlMM = เขียว Llmm = ม่วง LLmm = น้ำตาล มีสีเขียวแทรก LLmm = น้ำเงินเข้ม llmm = ฟ้า		
8.	รูปทรงของตา	รูปอัลมอนต์ NN, Nn 	รูปทรงมน nn 	
9.	ขนตา	ขนตายาว OO, Oo 	ขนตาสั้น oo 	
10.	สีคิ้ว	สีเข้มกว่าสีผม P ₁ P ₁	สีเหมือนสีผม P ₁ P ₂	สีอ่อนกว่าสีผม P ₂ P ₂
11.	ความหนาของคิ้ว	คิ้วหนา QQ, Qq 	คิ้วบาง qq 	
12.	ความหนาของริมฝีปาก	หนา R ₁ R ₁ 	ปานกลาง R ₁ R ₂ 	บาง R ₂ R ₂ 
13.	ลักยิ้ม	มี SS Ss 	ไม่มี ss 	

14.	ดึ่งหู	มีดึ่งหู TT Tt		ไม่มีดึ่งหู tt	
15.	ขนาดจมูก	ขนาดใหญ่ U ₁ U ₁	ขนาดปานกลาง U ₁ U ₂	ขนาดเล็ก U ₂ U ₂	

หมายเหตุ การแสดงออกของลักษณะที่ควบคุมโดยยีนมากกว่า 1 ยีน ให้โยนเหรียญสุ่มเลือกแอลลีลของยีนแต่ละคู่ตามลำดับ เช่น ลักษณะสีผิวถูกควบคุมโดยยีนจำนวน 3 คู่

- โยนเหรียญครั้งที่ 1 เพื่อสุ่มว่าลูกจะได้แอลลีลเด่น C หรือแอลลีลด้อย c
- โยนเหรียญครั้งที่ 2 เพื่อสุ่มว่าลูกจะได้แอลลีลเด่น D หรือแอลลีลด้อย d
- โยนเหรียญครั้งที่ 3 เพื่อสุ่มว่าลูกจะได้แอลลีลเด่น E หรือแอลลีลด้อย e

ภาพใบหน้าของลูก

2. ตารางบันทึกผลการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของรุ่นหลาน

ลำดับที่	ลักษณะ	จีโนไทป์ของ แม่	จีโนไทป์ของ พ่อ	จีโนไทป์ ของหลาน	ฟีโนไทป์ ของหลาน	โอกาสการ เกิดลักษณะนี้
1	รูปทรงใบหน้า					
2	รอยบุมที่คาง					
3	สีผิว					
4	สีผม					
5	ลักษณะผม					
6	รอยหยักที่ไรผม					
7	สีตา					
8	รูปทรงของตา					
9	ขนตา					
10	สีคิ้ว					
11	ความหนาของ คิ้ว					
12	ความหนาของ ริมฝีปาก					
13	ลักยิ้ม					
14	ติ่งหู					
15	ขนาดจมูก					

โอกาสที่จะได้หลานที่มีเพศและลักษณะดังตารางตั้งแต่ข้อ 1 – 15 คิดเป็นเท่าใด

.....

.....

วิเคราะห์และตอบคำถาม

1. ลักษณะใดจากกิจกรรมนี้ที่มีสมบัติต่อไปนี้
 - 1.1 ลักษณะข้ามแบบไม่สมบูรณ์ (incomplete dominance)

.....
 - 1.2 ลักษณะที่ควบคุมโดยยีนหลายคู่ (polygenic trait)

.....
 - ลักษณะเด่นที่ข้ามลักษณะด้อยอย่างสมบูรณ์ (complete dominant trait)

.....
2. ลูกที่เกิดจากพ่อแม่ที่มียีนเป็น heterozygous หรือ homozygous จะมีโอกาสที่จะมีความหลากหลายของลักษณะทางพันธุกรรมมากกว่ากัน เพราะเหตุใด

.....

.....
3. โอกาสที่ลูกจะแสดงลักษณะที่เป็นพันธุ์แท้ทุกลักษณะมีมาน้อยเพียงใด จงอธิบาย

.....

.....



ใบงานที่ 4

เรื่อง ตัวอย่างการแก้โจทย์พันธุศาสตร์

1. จากแผนผังการผสมพันธุ์ของถั่วลิ้นเต่า จงเติม genotype และ phenotype ลงในช่องว่างที่เว้นไว้

กำหนดให้	<i>R</i>	ควบคุมลักษณะเมล็ดกลม
	<i>r</i>	ควบคุมลักษณะเมล็ดย่น
	<i>Y</i>	ควบคุมลักษณะเมล็ดสีเหลือง
	<i>y</i>	ควบคุมลักษณะเมล็ดสีเขียว
	<i>T</i>	ควบคุมลักษณะต้นสูง
	<i>t</i>	ควบคุมลักษณะต้นเตี้ย

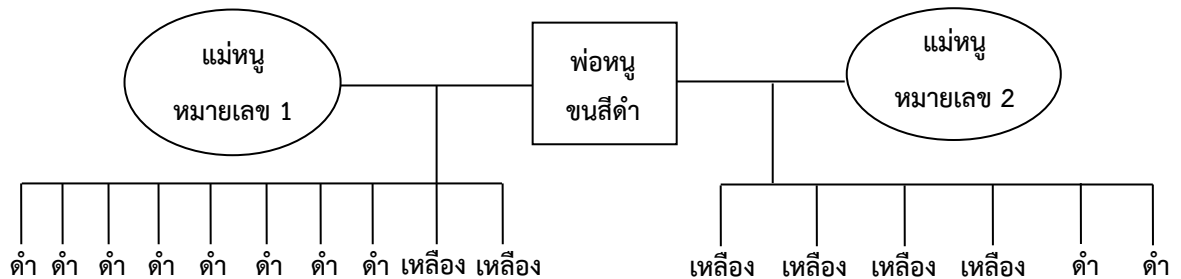
พ่อแม่พันธุ์แท้	เมล็ดกลม เมล็ดสีเขียว ต้นสูง	×	เมล็ดย่น เมล็ดสีเหลือง ต้นเตี้ย
genotype		↓	
เซลล์สืบพันธุ์			
F ₁ genotype			
F ₁ phenotype			
F ₁ (ผสมตัวเอง)		×	

F₂ genotype ที่เป็นพันธุ์แท้ มี แบบ ดังนี้

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....
- 6.....
- 7.....
- 8.....

อัตราส่วน

2. สมมติว่าลักษณะสีขนของหนูควบคุมโดยยีน 1 คู่ และการข้ามกันของแอลลีล เป็นแบบสมบูรณ์ให้พ่อหนูที่มีขนสีดำผสมพันธุ์กับแม่หนู 2 ตัว แม่หนูหมายเลข 1 ที่มีขนสีดำให้ลูกออกมา 10 ตัว มีขนสีดำ 8 ตัวและขนสีเหลือง 2 ตัว ส่วนแม่หนูหมายเลข 2 ให้ลูกออกมา 6 ตัว มีทั้งขนสีเหลืองและขนสีดำ จึงเติมคำลงในช่องว่าง



2.1 ลักษณะขนสี.....เป็น dominant trait (Y)

2.2 ลักษณะขนสี.....เป็น recessive trait (y)

2.3 จีโนไทป์ ของพ่อหนูคือ.....

2.4 จีโนไทป์ ของแม่หนูหมายเลข 1 คือ.....

ฟีโนไทป์ คือ.....

2.5 จีโนไทป์ ของแม่หนูหมายเลข 2 คือ.....

ฟีโนไทป์ คือ.....

2.6 ถ้าให้ลูกหนูขนสีดำของแม่หมายเลข 1 ผสมพันธุ์กับลูกหนูขนสีเหลืองของแม่หมายเลข 2

จะได้ลูกที่มีจีโนไทป์ แบบ ดังนี้

1..... 2.....

3..... 4.....

ฟีโนไทป์ แบบ ดังนี้

1..... 2.....

3..... 4.....



3. ชายคนหนึ่งต้องการเพาะกระต่ายขาว เขาพบว่ามีกระต่ายที่เขาชื่นชอบคือ ขนลายดำขาว จึงซื้อเพศผู้และเพศเมียมาอย่างละ 1 ตัว มาผสมพันธุ์กัน ปรากฏว่าลูกที่เกิดขึ้นมีกระต่ายขนลายดำขาว 3 ตัว และขนสีขาว 1 ตัว

3.1 ถ้าชายคนนี้จะตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของกระต่ายขนลายดำขาว

- ท่านคิดว่าสมมติฐานที่ตั้งขึ้นควรเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

- กระต่ายที่เขาซื้อมาเป็นพันธุ์แท้หรือลูกผสม (เฉพาะลักษณะสีขน) จึงให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

.....

3.2 เนื่องจากเขาต้องการเพาะพันธุ์กระต่ายขนลายดำขาวพันธุ์แท้ เขาจึงซื้อกระต่ายตัวเมียขนลายดำขาวมาอีก 20 ตัว เพื่อเป็นแม่พันธุ์ ผลจากการผสมพันธุ์กระต่ายเพศเมีย 20 ตัว กับเพศผู้ขนลายดำขาวตัวนั้น ปรากฏว่าให้ลูกทั้งหมด 200 ตัว มีขนสีดำ 54 ตัว ขนลายดำขาว 97 ตัว และขนสีขาว 49 ตัว

- ข้อสรุปของท่านที่ผ่านมาเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมของสีขนกระต่าย ถูกต้องหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

- ถ้าท่านตั้งสมมติฐานใหม่ที่สมบูรณ์เกี่ยวกับพันธุกรรมของลักษณะสีขนกระต่าย ท่านจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร

.....

.....

.....

- ท่านคิดว่าอะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้ข้อมูลการผสมครั้งแรกและครั้งที่ 2 ให้ผลเป็นสมมติฐานที่ต่างกัน

.....

.....

.....

- ท่านมีข้อเสนอแนะอย่างไรให้แก่ชายผู้นี้ สำหรับโครงการเพาะกระต่ายขนลายดำขาวพันธุ์แท้

.....

.....

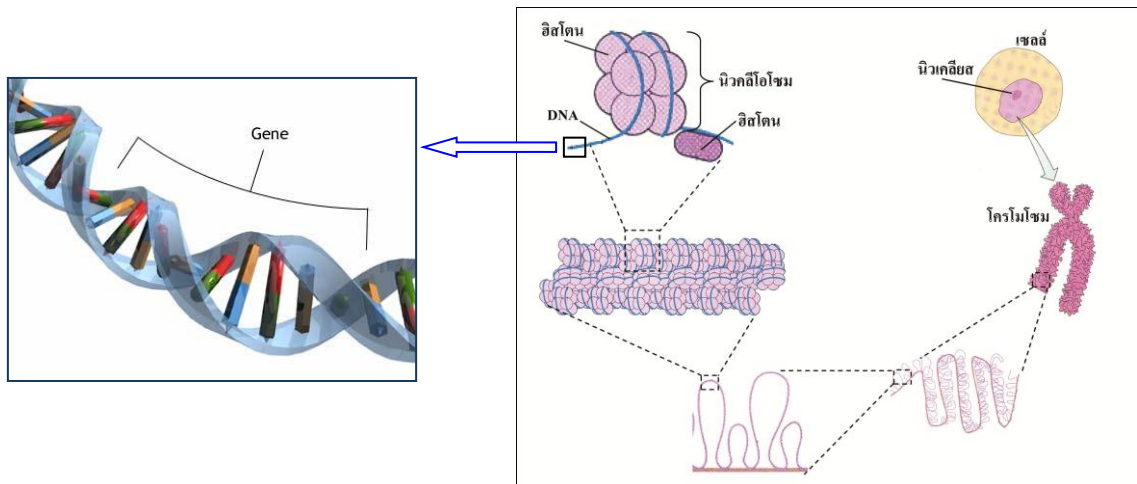
.....



ใบความรู้ที่ 1

เรื่อง กฎของเมนเดลและกฎของความน่าจะเป็น

สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะที่ทำให้บอกได้ว่าเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดใด ลักษณะเฉพาะนี้เรียกว่า ลักษณะทางพันธุกรรมซึ่งถูกควบคุมโดยยีน (gene) ที่เป็นส่วนหนึ่งของ DNA บนโครโมโซม (chromosome)

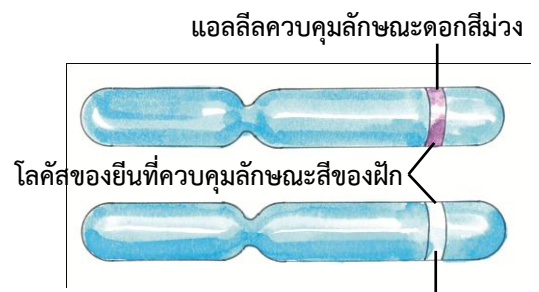


ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซม DNA และยีน

ยีนเป็นส่วนหนึ่งของโครโมโซมหรือส่วนหนึ่งของสาย DNA ที่สามารถถอดรหัส (transcription) ได้เป็น mRNA แล้วนำ mRNA ที่ได้มาแปลรหัส (translation) เป็นสายพอลิเพปไทด์ (polypeptide) ที่เกี่ยวข้องกับการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต ยีนจึงเป็นหน่วยพันธุกรรมที่กำหนดลักษณะของสิ่งมีชีวิตและจะถ่ายทอดจากสิ่งมีชีวิตรุ่นหนึ่งไปยังรุ่นต่อไป

ยีนที่ควบคุมลักษณะเดียวกันโดยทั่วไปจะเป็นยีนที่เป็นคู่ เรียกว่าเป็นแอลลีล (allele) ซึ่งมีรูปแบบที่แตกต่างกัน เช่น ยีนควบคุมสีดอกถั่วลันเตามี 2 แอลลีล คือ แอลลีลควบคุมดอกสีขาวซึ่งเป็นลักษณะด้อยและแอลลีลที่ควบคุมดอกสีม่วงซึ่งเป็นลักษณะเด่น ดังนั้นถ้า P ควบคุมลักษณะดอกสีม่วง p ควบคุมลักษณะดอกสีขาว P และ p จึงเป็นแอลลีลกัน แต่ไม่เป็นแอลลีลกับแอลลีลที่ควบคุมลักษณะสีของเมล็ด และถ้าลักษณะใดยีนที่ควบคุมมีมากกว่า 2 แอลลีลที่เรียกว่ามัลติเปิลแอลลีล (multiple alleles) ก็จะมีการแสดงออกของลักษณะได้มากกว่า 2 ลักษณะ

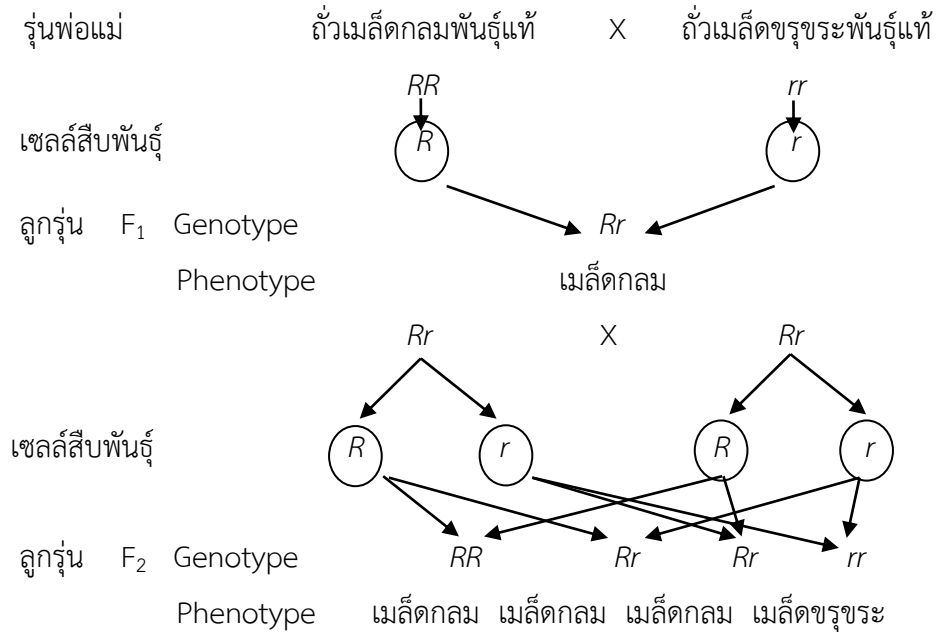
สิ่งมีชีวิตโดยทั่วไปมีโครโมโซมสองชุดที่เป็นโฮโมโมโลกัส กัน เรียกว่าเป็นสิ่งมีชีวิตแบบดิพลอยด์ ตำแหน่งที่ตรงกันบนโฮโมโลกัสโครโมโซมจะเป็นตำแหน่งของแอลลีลที่ควบคุมลักษณะเดียวกัน ถ้าเป็นแอลลีลที่เหมือนกัน เรียกว่าเป็นโฮโมไซกัส (homozygous) ทำให้ลักษณะนั้นเป็นพันธุ์แท้ (pure line) ถ้าเป็นแอลลีลที่ต่างกัน เรียกว่าเป็นเฮเทอโรไซกัส (heterozygous) ทำให้ลักษณะนั้นเป็นลูกผสม (hybrid)



ภาพที่ 2 แสดงตำแหน่งของแอลลีล

ควบคุมสีของดอกถั่วลันเตา

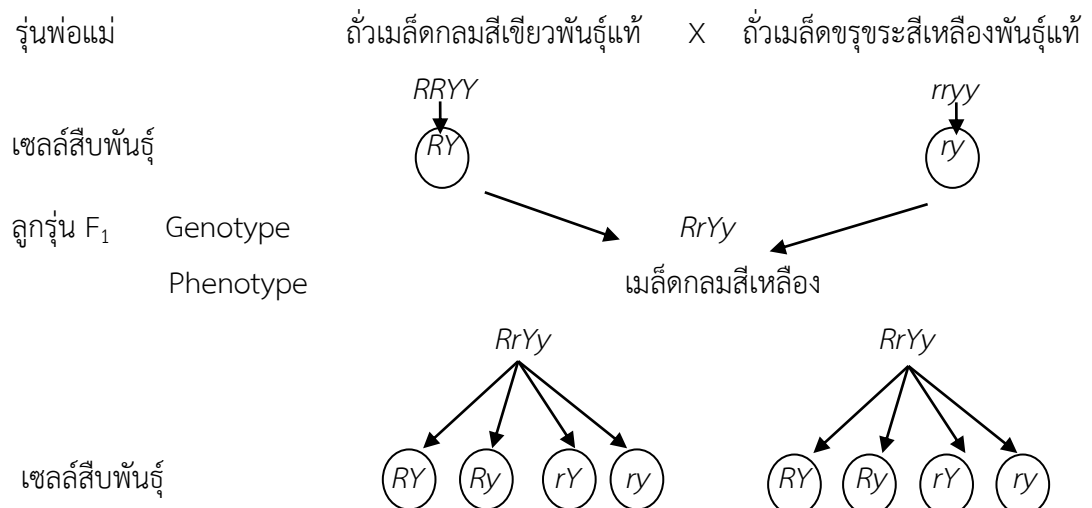
เมนเดลผสมพันธุ์ถั่วลันเตาที่มีลักษณะแตกต่างกัน 1 ลักษณะ เรียกการผสมแบบนี้ว่า การผสมพิจารณาลักษณะเดียว (monohybrid cross) เช่น ผสมพันธุ์ถั่วลันเตาโดยพิจารณาเรื่องลักษณะเมล็ด
 ดังแผนภาพ (R แทนยีนเมล็ดกลม r แทนยีนเมล็ดขรุขระ)



อัตราส่วนการผสมพิจารณาลักษณะเดียวในรุ่นหลาน คือ ลักษณะเด่น : ลักษณะด้อย เท่ากับ 3 : 1

เมนเดลผสมพันธุ์ถั่วลันเตาที่มีลักษณะแตกต่างกัน 2 ลักษณะ เรียกการผสมแบบนี้ว่า การผสม
พิจารณาสองลักษณะ (dihybrid cross) เช่น ผสมพันธุ์ถั่วลันเตาโดยพิจารณาเรื่องลักษณะของเมล็ดและ
สีของเมล็ด ดังแผนภาพ

(R แทนยีนเมล็ดกลม r แทนยีนเมล็ดขรุขระ Y แทนยีนเมล็ดสีเหลือง y แทนยีนเมล็ดสีเขียว)



เซลล์สืบพันธุ์	<i>RY</i>	<i>Ry</i>	<i>rY</i>	<i>ry</i>
<i>RY</i>	<i>RRYY</i>	<i>RRYy</i>	<i>RrYY</i>	<i>RrYy</i>
<i>Ry</i>	<i>RRYy</i>	<i>RRyy</i>	<i>RrYy</i>	<i>Rryy</i>
<i>rY</i>	<i>RrYY</i>	<i>RrYy</i>	<i>rrYY</i>	<i>rrYy</i>
<i>ry</i>	<i>RrYy</i>	<i>Rryy</i>	<i>rrYy</i>	<i>rryy</i>

ลูกรุ่น F_2 Genotype *RRYY* *RRYy* *RrYY* *RrYy* *RRyy* *Rryy* *rrYY* *rrYy* *rryy*

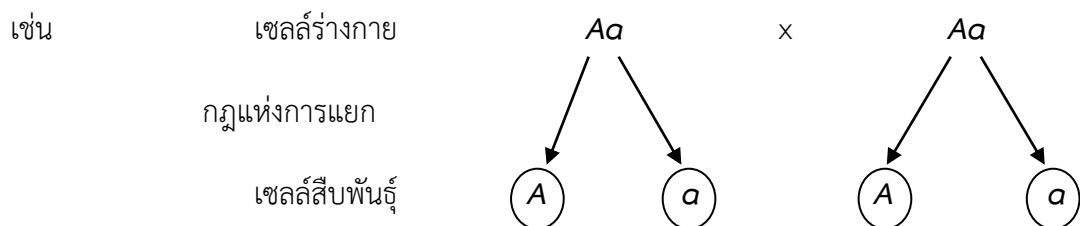
Phenotype เมล็ดกลมสีเหลือง เมล็ดกลมสีเขียว เมล็ดขรุขระสีเหลือง เมล็ดขรุขระสีเขียว

อัตราส่วนการผสมพิจารณาสองลักษณะในรุ่นหลาน คือ

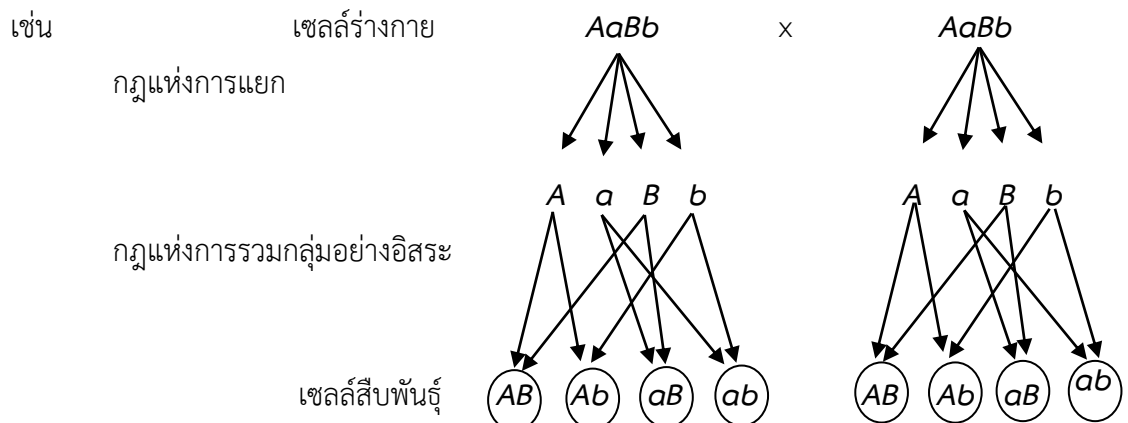
ลักษณะเด่น – เด่น : ลักษณะเด่น – ด้อย : ลักษณะด้อย – เด่น : ลักษณะด้อย – ด้อย เท่ากับ 9 : 3 : 3 : 1

จากผลการทดลองของเมนเดลทำให้เมนเดลเสนอกฎการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรม 2 ข้อ ดังนี้

กฎข้อที่ 1 กฎแห่งการแยก (Law of Segregation) กล่าวว่า เมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ยีนที่อยู่เป็นคู่จะแยกออกจากกันไปสู่เซลล์สืบพันธุ์เซลล์ละ 1 ยีน



กฎข้อที่ 2 กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ (Law of Independent Assortment) กล่าวว่า ยีนที่ควบคุมลักษณะหนึ่งเมื่อแยกออกจากคู่ยีนสร้างเซลล์สืบพันธุ์จะไปรวมกลุ่มกับยีนที่ควบคุมลักษณะอื่น ๆ ที่แยกออกจากคู่ยีนกันได้อย่างอิสระ



การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเป็นเรื่องของโอกาส ขึ้นอยู่กับว่าขณะเกิดกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ แต่ละเซลล์สืบพันธุ์ที่จะได้รับยีนใดบ้าง และเซลล์สืบพันธุ์ใดจะมีโอกาสเกิดการปฏิสนธิกัน เช่น ถ้าพ่อแม่มีจีโนไทป์ Aa เมื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์จะแยกออกจากกันตามกฎแห่งการแยกของเมนเดลให้เซลล์สืบพันธุ์ที่มียีนต่างกัน 2 แบบ คือ A และ a โดยมีโอกาสเกิด เท่ากับ $1/2$ และถ้า Aa ผสมพันธุ์กับ Aa โอกาสจะได้ลูกจีโนไทป์ต่าง ๆ จะเท่ากับผลคูณของโอกาสการเกิดยีนในเซลล์สืบพันธุ์ของพ่อและแม่ เช่น โอกาสที่ลูกจะมีจีโนไทป์เป็น AA เท่ากับ $1/2 \times 1/2$ เท่ากับ $1/4$

โอกาสหรือความน่าจะเป็น (probability) หมายถึง อัตราส่วนจำนวนครั้งของเหตุการณ์หนึ่งที่เกิดขึ้นต่อเหตุการณ์ทั้งหมด อัตราส่วนในทางพันธุศาสตร์ โดยทั่วไปจะพิจารณาในเรื่องอัตราส่วนของจีโนไทป์และอัตราส่วนของฟีโนไทป์

กฎของความน่าจะเป็นที่ใช้ทางพันธุศาสตร์ เช่น

1. กฎการบวก (Addition Law)

โอกาสที่เกิดเหตุการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งจะเท่ากับผลบวกของโอกาสที่จะเกิดแต่ละเหตุการณ์เมื่อเหตุการณ์ไม่สามารถเกิดขึ้นพร้อม ๆ กันได้

$$P(\text{เหตุการณ์ A หรือ B อย่างใดอย่างหนึ่ง}) = P(A) + P(B)$$

ตัวอย่างเช่น - โอกาสในการเกิดหน้าลูกเต๋าเป็น 2 หรือ 4 จากการโยน 1 ครั้ง เป็น $1/6 + 1/6 = 2/6$
 - โอกาสในการเกิดพันธุ์แท้ของลักษณะหนึ่งจากการผสมพิจารณาหนึ่งลักษณะ เท่ากับ
 โอกาสในการเกิดลักษณะเด่นพันธุ์แท้บวกโอกาสในการเกิดลักษณะด้อย เป็น $1/4 + 1/4 = 2/4$

2. กฎการคูณ (Multiplication Law)

โอกาสที่เกิดเหตุการณ์หลายเหตุการณ์พร้อมกันจะเท่ากับผลคูณของโอกาสที่จะเกิดแต่ละเหตุการณ์

$$P(\text{เหตุการณ์ A และ B เกิดพร้อมกัน}) = P(A) \times P(B)$$

ตัวอย่างเช่น - โอกาสในการเกิดหน้าลูกเต๋าคือ 1 เป็น 3 และโอกาสในการเกิดหน้าลูกเต๋าคือ 2 เป็น 5 จากการโยนลูกเต๋าร่วมกัน 2 ลูก เท่ากับ โอกาสในการเกิดหน้าลูกเต๋าคือ 3 คูณโอกาสในการเกิดหน้าลูกเต๋าคือ 5 เท่ากับ $1/6 \times 1/6 = 1/36$



ใบความรู้ที่ 2

เรื่อง การทดสอบด้วยไคสแควร์ (Chi – Square test)

ในการทดลองบางอย่างผลการทดลองอาจไม่เป็นไปตามทฤษฎีหรือกฎที่เกี่ยวข้อง ถ้าผู้ทดลองต้องการทดสอบว่าผลการทดลองแตกต่างไปจากผลทางทฤษฎีมากน้อยเพียงใด และสามารถยอมรับผลการทดลองได้หรือไม่อาจใช้การทดสอบด้วยไคสแควร์ (Chi-Square test) เช่น การทดลองผสมพันธุ์ระหว่างพ่อแม่ที่มีจีโนไทป์ Aa ด้วยกันเอง อัตราส่วนทางทฤษฎีควรได้ลูกที่มีอัตราส่วนจีโนไทป์ AA : Aa : aa เท่ากับ 1:2:1 แต่เมื่อทดลองจริงผลการทดลองเมื่อนำมาเข้าอัตราส่วนอาจคลาดเคลื่อนไปจาก 1:2:1 ซึ่งเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้หรือไม่โดยการนำข้อมูลมาหาค่าไคสแควร์ จากสูตรดังนี้

$$\chi^2 = \sum \left\{ \frac{(O - E)^2}{E} \right\}$$

χ^2 = ค่าไคสแควร์

O = ค่าที่ได้จากการทดลอง (observed value)

E = ค่าที่ได้จากการคาดหวังตามทฤษฎี (expected value)

ในการนิผลผลการทดลองที่ได้มีลักษณะเพียง 2 ลักษณะ จะมีค่าระดับความเป็นอิสระ (degree of freedom) เท่ากับ 1 ซึ่งคำนวณได้จากสูตร $n - 1$

n = จำนวนลักษณะที่ศึกษา

เมื่อต้องการคำนวณค่าไคสแควร์ ต้องคำนวณจากสูตร

$$\chi^2 = \sum \left\{ \frac{[(O - E) - \frac{1}{2}]^2}{E} \right\}$$

ค่า $\frac{1}{2}$ เป็นค่าที่ใช้ปรับค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้ถูกต้องมากขึ้น ซึ่งจะใช้ในกรณีที่จำนวนตัวอย่างมีน้อย โดยที่ $df = 1$ และค่า $E < 10$

ตัวอย่าง ในการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมของสีดอกของพืชชนิดหนึ่งซึ่งมีดอกสีม่วงและดอกสีขาว เมื่อผสมดอกสีม่วงและดอกสีขาวพันธุ์แท้ ได้ลูก F_1 ดอกสีม่วงทุกต้น และเมื่อผสม F_1 ด้วยกันเอง F_2 ที่ได้มีต้นที่มีดอกสีม่วง 80 ต้น และต้นที่มีดอกสีขาว 20 ต้น ถ้านำข้อมูลของ F_2 มาหาค่าไคสแควร์ว่าสีดอกของพืชชนิดนี้ควบคุมโดยยีน 1 คู่หรือไม่ โดยอัตราส่วนที่ควรได้ตามทฤษฎีควรเป็น จำนวนต้นที่ให้ดอกสีม่วง : ต้นที่ให้ดอกสีขาวเท่ากับ 3:1 ดังนั้นสมมติฐานที่ตั้ง คือ

H_0 : ดอกสีม่วง : ดอกสีขาว = 3:1

H_1 : ดอกสีม่วง : ดอกสีขาว $\neq$ 3:1

สามารถคำนวณหาค่าไคสแควร์ได้ดังนี้

ลักษณะ	O	E	$(O-E)$	$\frac{(O-E)^2}{E}$
ดอกสีม่วง	80	75	5	0.33
ดอกสีขาว	20	25	-5	0.33
รวม	100	100	0	0.66

$$\chi^2 = 0.33+0.33 = 0.66$$

นำค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับค่าไคสแควร์ในตารางที่กำหนดให้ที่ความน่าจะเป็น 0.05 และ 0.01 ที่ระดับความอิสระค่าหนึ่ง และพิจารณาดังนี้

1. ถ้าค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้มากกว่าค่าไคสแควร์ในตารางที่ความน่าจะเป็น 0.05 แต่ไม่มากกว่าค่าไคสแควร์ของตารางที่ความน่าจะเป็น 0.01 จะสรุปได้ว่าผลการทดลองที่ได้แตกต่างไปจากอัตราส่วนของสมมติฐาน H_0 ที่ตั้งไว้ที่ระดับ 0.05 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
2. ถ้าค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้มากกว่าค่าไคสแควร์ในตารางที่ความน่าจะเป็น 0.01 จะสรุปได้ว่าผลการทดลองที่ได้แตกต่างไปจากอัตราส่วนของสมมติฐาน H_0 ที่ตั้งไว้ที่ระดับ 0.01 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีความเชื่อมั่นสูงกว่าระดับ 0.05
3. ถ้าค่าไคสแควร์ที่คำนวณได้น้อยกว่าค่าไคสแควร์ในตารางที่ความน่าจะเป็น 0.05 จะสรุปว่าผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้
4. จากตัวอย่างไคสแควร์ที่คำนวณได้เท่ากับ 0.66 มีค่าน้อยกว่าค่าไคสแควร์ในตารางที่ความน่าจะเป็น 0.05 ที่ระดับความอิสระเท่ากับ 1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.841 จึงสรุปได้ว่าผลการทดลองสอดคล้องกับทฤษฎี คือ อัตราส่วนของลูก F_2 ระหว่างต้นที่ให้ดอกสีม่วง : ต้นที่ให้ดอกสีขาว เท่ากับ 3:1 นั่นคือลักษณะสีดอกของพืชชนิดนี้ควบคุมโดยยีน 1 คู่



ตาราง χ^2

DF	0.995	0.99	0.975	0.95	0.9	0.75	0.5	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.00004	0.00016	0.00098	0.00393	0.01579	0.10153	0.45494	1.3233	2.70554	3.84146	5.02389	6.6349	7.87944
2	0.01003	0.0201	0.05064	0.10259	0.21072	0.57536	1.38629	2.77259	4.60517	5.99146	7.37776	9.21034	10.59663
3	0.07172	0.11483	0.2158	0.35185	0.58437	1.21253	2.36597	4.10834	6.25139	7.81473	9.3484	11.34487	12.83816
4	0.20699	0.29711	0.48442	0.71072	1.06362	1.92256	3.35669	5.38527	7.77944	9.48773	11.14329	13.2767	14.86026
5	0.41174	0.5543	0.83121	1.14548	1.61031	2.6746	4.35146	6.62568	9.23636	11.0705	12.8325	15.08627	16.7496
6	0.67573	0.87209	1.23734	1.63538	2.20413	3.4546	5.34812	7.8408	10.64464	12.59159	14.44938	16.81189	18.54758
7	0.98926	1.23904	1.68987	2.16735	2.83311	4.25485	6.34581	9.03715	12.01704	14.06714	16.01276	18.47531	20.27774
8	1.34441	1.6465	2.17973	2.73264	3.48954	5.07064	7.34412	10.21885	13.36157	15.50731	17.53455	20.09024	21.95495
9	1.73493	2.0879	2.70039	3.32511	4.16816	5.89883	8.34283	11.38875	14.68366	16.91898	19.02277	21.66599	23.58935
10	2.15586	2.55821	3.24697	3.9403	4.86518	6.7372	9.34182	12.54886	15.98718	18.30704	20.48318	23.20925	25.18818
11	2.60322	3.05348	3.81575	4.57481	5.57778	7.58414	10.341	13.70069	17.27501	19.67514	21.92005	24.72497	26.75685
12	3.07382	3.57057	4.40379	5.22603	6.3038	8.43842	11.34032	14.8454	18.54935	21.02607	23.33666	26.21697	28.29952
13	3.56503	4.10692	5.00875	5.89186	7.0415	9.29907	12.33976	15.98391	19.81193	22.36203	24.7356	27.68825	29.81947
14	4.07467	4.66043	5.62873	6.57063	7.78953	10.16531	13.33927	17.11693	21.06414	23.68479	26.11895	29.14124	31.31935
15	4.60092	5.22935	6.26214	7.26094	8.54676	11.03654	14.33886	18.24509	22.30713	24.99579	27.48839	30.57791	32.80132
16	5.14221	5.81221	6.90766	7.96165	9.31224	11.91222	15.3385	19.36886	23.54183	26.29623	28.84535	31.99993	34.26719
17	5.69722	6.40776	7.56419	8.67176	10.08519	12.79193	16.33818	20.48868	24.76904	27.58711	30.19101	33.40866	35.71847
18	6.2648	7.01491	8.23075	9.39046	10.86494	13.67529	17.3379	21.60489	25.98942	28.8693	31.52638	34.80531	37.15645
19	6.84397	7.63273	8.90652	10.11701	11.65091	14.562	18.33765	22.71781	27.20357	30.14353	32.85233	36.19087	38.58226
20	7.43384	8.2604	9.59078	10.85081	12.44261	15.45177	19.33743	23.82769	28.41198	31.41043	34.16961	37.56623	39.99685
21	8.03365	8.8972	10.2829	11.59131	13.2396	16.34438	20.33723	24.93478	29.61509	32.67057	35.47888	38.93217	41.40106
22	8.64272	9.54249	10.98232	12.33801	14.04149	17.23962	21.33704	26.03927	30.81328	33.92444	36.78071	40.28936	42.79565
23	9.26042	10.19572	11.68855	13.09051	14.84796	18.1373	22.33688	27.14134	32.0069	35.17246	38.07563	41.6384	44.18128
24	9.88623	10.85636	12.40115	13.84843	15.65868	19.03725	23.33673	28.24115	33.19624	36.41503	39.36408	42.97982	45.55851
25	10.51965	11.52398	13.11972	14.61141	16.47341	19.93934	24.33659	29.33885	34.38159	37.65248	40.64647	44.3141	46.92789
26	11.16024	12.19815	13.8439	15.37916	17.29188	20.84343	25.33646	30.43457	35.56317	38.88514	41.92317	45.64168	48.28988
27	11.80759	12.8785	14.57338	16.1514	18.1139	21.7494	26.33634	31.52841	36.74122	40.11327	43.19451	46.96294	49.64492
28	12.46134	13.56471	15.30786	16.92788	18.93924	22.65716	27.33623	32.62049	37.91592	41.33714	44.46079	48.27824	50.99338
29	13.12115	14.25645	16.04707	17.70837	19.76774	23.56659	28.33613	33.71091	39.08747	42.55697	45.72229	49.58788	52.33562
30	13.78672	14.95346	16.79077	18.49266	20.59923	24.47761	29.33603	34.79974	40.25602	43.77297	46.97924	50.89218	53.67196

ที่มา : สิทธิ ธีรสรณ์. 2552. แนวคิดพื้นฐานทางการวิจัย พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แนวทางการตอบคำถามในใบงาน

เรื่อง เซลล์และกล้องจุลทรรศน์

ใบงานที่ 2

เรื่อง การคำนวณหากล้างขยายของภาพและขนาดของวัตถุจากกล้องจุลทรรศน์

ตอนที่ 1 การหาขนาดของวัตถุโดยประมาณ

1.1 ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

ตัวอย่างผลการทดลองหาเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ ค่าที่บันทึกได้ในตารางให้เป็นไปตามขนาด
 กำลังขยายของเลนส์ที่ใช้ในการปฏิบัติจริง เช่น

กำลังขยายของเลนส์ ใกล้ตา	กำลังขยายของเลนส์ ใกล้วัตถุ	กำลังขยายของกล้อง จุลทรรศน์	เส้นผ่านศูนย์กลาง ของจอภาพ (mm)
10X	4X	40	3.6
10X	10X	100	1.5

1.2 การหาขนาดของวัตถุจากกำลังขยายของภาพ

- กำลังขยายของภาพพารามีเซียมเมื่อใช้เลนส์ใกล้ตา 100X และเลนส์ใกล้วัตถุ 10X = 100

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าในสูตร กำลังขยายของภาพ} &= \frac{\text{ขนาดของภาพ}}{\text{ขนาดของวัตถุ}} \\ 100 &= \frac{\text{ขนาดภาพพารามีเซียม}}{100 \mu\text{m}} \end{aligned}$$

$$\text{ภาพพารามีเซียม} = 100 \times 100 = 10,000 \mu\text{m}$$

$$\text{ดังนั้นภาพของพารามีเซียมยาว} = 1 \text{ cm}$$

$$\text{และพารามีเซียมมีความยาวเพิ่มขึ้น} = 100 \text{ เท่า}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าในสูตร กำลังขยายของภาพ} &= \frac{\text{ขนาดของภาพ}}{\text{ขนาดของวัตถุ}} \\ &= \frac{4 \times 1,000 \mu\text{m}}{4 \mu\text{m}} \end{aligned}$$

$$\text{กล้องนี้มีกำลังขยาย} = 1,000 \text{ เท่า}$$



1.3 การหาขนาดของวัตถุจากเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ

สูตร เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ (ขณะที่ศึกษา)

$$= \frac{\text{กำลังขยายของเลนส์ต่ำสุด} \times \text{เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพที่กำลังขยายต่ำสุด}}{\text{กำลังขยายของเลนส์}}$$

แทนค่าในสูตร

$$\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพที่กำลังขยาย 100X} = \frac{40 \times 2,500 \text{ } \mu\text{m}}{100} = 1,000 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพที่กำลังขยาย 400X} = \frac{40 \times 2,500 \text{ } \mu\text{m}}{400} = 250 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\text{เซลล์สำหรับหากล้อง 1 เซลล์มีความยาว} = \frac{1,600 \text{ } \mu\text{m}}{8} = 200 \text{ } \mu\text{m}$$

ตอนที่ 2 การหาขนาดของวัตถุโดยละเอียด

2.1 เพราะเหตุใดจึงต้องเทียบหาค่าของออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์ใหม่ เมื่อเปลี่ยนกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ และเมื่อเปลี่ยนไปใช้กล้องจุลทรรศน์กล้องอื่น

เนื่องจากออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์ไม่ได้ถูกขยายโดยเลนส์ใกล้วัตถุ ค่าของสเกลในแต่ละช่องจึงแตกต่างกันไปตามกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุที่ใช้และออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์แต่ละอันมีขนาดแตกต่างกันเล็กน้อย รวมทั้งกล้องจุลทรรศน์แต่ละกล้องก็จะมีกำลังขยายแตกต่างกันเล็กน้อยด้วย

2.2 ถ้าใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายสูง (40X) แล้วพบว่า 28 ช่องของออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์มีค่าเท่ากับ 10 ช่องของสเกลไมโครมิเตอร์ ดังนั้นแต่ละช่องของออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์จะมีความยาวเท่าใด

$$1 \text{ ช่องของสเกลไมโครมิเตอร์มีความยาว} = 10 \text{ } \mu\text{m}$$

เนื่องจาก 28 ช่องของออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์มีค่าเท่ากับ 10 ช่องของสเกลไมโครมิเตอร์ = 100 μm
 ดังนั้น 1 ช่อง ออกคิวลาร์มีความยาว = 3.05 μm

2.3 คำนวณค่าความยาวแต่ละช่องของออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์ เมื่อใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่างกัน และขนาดของวัตถุที่วัดได้ (แสดงวิธีคำนวณด้วย)

กำลังขยาย 10X พบ 60 ช่องของสเกลไมโครมิเตอร์เท่ากับ 40 ช่องของออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์ ดังนั้น 1 ช่องของออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์เท่ากับ $600/40 = 15 \text{ } \mu\text{m}$

กำลังขยาย 40X พบ 25 ช่องของสเกลไมโครมิเตอร์เท่ากับ 70 ช่องของออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์ ดังนั้น 1 ช่องของออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์เท่ากับ $250/70 = 3.57 \text{ } \mu\text{m}$

2.4 พารามิเตอร์ที่พบบ่อยในสไลด์ถาวรมีความยาวเท่ากับไมโครเมตร

ที่กำลังขยาย 100 เท่า วัดความยาวพารามิเตอร์ได้ 12 ช่องของออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์
ซึ่ง 1 ช่องของออกคิวลาร์ไมโครมิเตอร์ = $15\text{ }\mu\text{m}$ ดังนั้นพารามิเตอร์ยาว $12 \times 15\text{ }\mu\text{m} = 180\text{ }\mu\text{m}$

เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ใบงานที่ 1

เรื่อง กฎของเมนเดลและกฎของความน่าจะเป็น

จงเติมผลการทดลองลงในตาราง

การทดลองตอนที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการหิบลูกปัด 1 สีออกจากภาชนะทึบแสง (กรณีลูกปัดสีแดง)

ครั้งที่	สีของลูกปัดที่หยิบได้
1	แดง
2	แดง
3	แดง
4	แดง
5	แดง

ตารางที่ 2 แสดงสีของลูกปัดที่หยิบได้และค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่หยิบได้จากภาชนะทึบแสง

กลุ่มที่	สีของลูกปัดที่หยิบได้	จำนวนครั้งที่หยิบได้
1	แดง	5
2	แดง	5
3	แดง	5
4	แดง	5
5	แดง	5
6	แดง	5
7	แดง	5
8	แดง	5
9	แดง	5
10	แดง	5
ค่าเฉลี่ย	แดง	5

คำถาม 1. ถ้าลูกปัดสีแดงแทนยีนเด่น การหยิบลูกปัดทำให้ลูกปัดแยกออกจากกัน โอกาสที่จะได้ลูกปัดสีแดงเป็นเท่าใด

เท่ากับ 1

2. ลูกปัดสีแดงที่อยู่ในภาชนะทึบแสงแทนลักษณะพันธุ์แท้หรือลูกผสม เพราะเหตุใด

พันธุ์แท้ เพราะมียีนแบบเดียวในการควบคุมลักษณะ

3. ลักษณะที่เป็นพันธุ์แท้สร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้กี่แบบ

1 แบบ

ตารางที่ 3 แสดงผลการหยิบลูกปัด 2 สีออกจากภาชนะทึบแสงใบที่ 1 (กรณีเป็นลูกปัดสีแดงและลูกปัดสีขาว)

ครั้งที่	สีของลูกปัดที่หยิบได้	ครั้งที่	สีของลูกปัดที่หยิบได้	ครั้งที่	สีของลูกปัดที่หยิบได้
1		11		21	
2		12		22	
3		13		23	
4		14		24	
...		...		...	
10		20		30	

สีของลูกปัดและจำนวนครั้งที่หยิบได้เป็นไปตามผลการทดลองจริงของแต่ละกลุ่ม แต่แต่ละครั้งจะได้เพียงสีใดสีหนึ่งเท่านั้น

ตารางที่ 4 แสดงสีของลูกปัดที่หยิบได้และค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่หยิบได้จากภาชนะทึบแสงใบที่ 1

กลุ่มที่	สีของลูกปัดที่หยิบได้	
	สีแดง	สีขาว
1		
2		
3		
4		
...		
10		
ค่าเฉลี่ย		
อัตราส่วนอย่างต่ำ		



สีของลูกปัดและจำนวนครั้งที่หยิบได้เป็นไปตามผลการทดลองจริงของแต่ละกลุ่ม และเมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย จำนวนครั้งที่หยิบได้ลูกปัดสีแดงจะมีค่าใกล้เคียงกับจำนวนครั้งที่หยิบได้ลูกปัดสีขาว เมื่อทำเป็นอัตราส่วนอย่างต่ำจะได้ค่าประมาณ 1 : 1

- คำถาม** 1. ถ้าลูกปัดสีแดงแทนยีนเด่น ลูกปัดสีขาวแทนยีนด้อย การหยิบลูกปัดทำให้ลูกปัดแยกออกจากกัน โอกาสที่จะได้ลูกปัดสีแดงต่อโอกาสที่จะได้ลูกปัดสีขาวเป็นเท่าใด
 มีโอกาสเท่ากัน คือ 1 : 1
2. ลูกปัดสีแดงและสีขาวที่อยู่ในภาชนะทึบแสงแทนลักษณะพันธุ์แท้หรือลูกผสม เพราะเหตุใด
 ลูกผสม เพราะมียีนต่างกันในการควบคุมลักษณะ
3. ลักษณะ 1 ลักษณะที่เป็นลูกผสมสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้กี่แบบ
 2 แบบ

ตารางที่ 5 แสดงผลการหยิบลูกปัด 2 สี ออกจากภาชนะทึบแสงใบที่ 2 และ 3

ครั้งที่	สีของลูกปัดที่หยิบได้		ครั้งที่	สีของลูกปัดที่หยิบได้	
	ภาชนะทึบแสงใบที่ 2	ภาชนะทึบแสงใบที่ 3		ภาชนะทึบแสงใบที่ 2	ภาชนะทึบแสงใบที่ 3
1			26		
2			27		
3			28		
4			29		
5			30		
...			...		
24			49		
25			50		

สีของลูกปัดที่หยิบได้เป็นไปตามผลการทดลองจริงของแต่ละกลุ่ม

ตารางที่ 6 แสดงสีที่หิยได้และค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่หิยได้จากภาชนะทึบแสงใบที่ 1

กลุ่มที่	สีของลูกปัดและจำนวนครั้งที่หิยได้		
	แดง – แดง	แดง – ขาว หรือ ขาว – แดง	ขาว – ขาว
1			
2			
3			
4			
5			
...			
10			
ค่าเฉลี่ย			
อัตราส่วนอย่างต่ำ			

สีของลูกปัดและจำนวนครั้งที่หิยได้เป็นไปตามผลการทดลองจริงของแต่ละกลุ่ม และเมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย จำนวนครั้งที่หิยได้สีแดง – ขาว หรือ ขาว – แดง จะมีค่าประมาณเป็นสองเท่าของจำนวนครั้งที่หิยได้สีแดง – แดง และ ขาว – ขาว เมื่อทำเป็นอัตราส่วนอย่างต่ำจะได้ค่าประมาณ 1 : 2 : 1

- คำถาม** 1. ถ้าลูกปัดสีแดงแทนยีนเด่น ลูกปัดสีขาวแทนยีนด้อย ลูกปัดในภาชนะทึบแสงแต่ละใบจะควบคุมลักษณะที่เป็นพันธุแท้หรือลูกผสม
- ลูกผสม
- ภาชนะทึบแสงแต่ละใบสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้กี่แบบ และมีโอกาสเกิดแต่ละแบบเท่าใด
2 แบบ แต่ละแบบมีโอกาสเกิดเท่ากัน คือ 1 : 1 หรือเท่ากับ 1/2
 - คู่ของสีลูกปัดที่หิยได้จากภาชนะทึบแสงใบที่ 2 และ 3 มีกี่แบบ แบบใดบ้างและมีโอกาสเกิดเท่าใด
3 แบบ คือ แดง – แดง : แดง – ขาว หรือ ขาว – แดง : ขาว – ขาว = 1 : 2 : 1 นั่นคือ โอกาสแดง – แดง (1/4) แดง – ขาว หรือ ขาว – แดง (1/2) ขาว – ขาว (1/4)
 - ถ้าการหิยลูกปัดแบบนี้เหมือนกับการเข้าคู่ของยีนเมื่อเกิดการปฏิสนธิ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของเมนเดลที่ผสมโดยพิจารณาลักษณะเดียวหรือไม่อย่างไร
ให้ใช้การทดสอบไคสแควร์เพื่อยืนยันข้อสรุป
สอดคล้องกัน เพราะอัตราส่วนใกล้เคียงกันคือ 1 : 2 : 1 และยืนยันได้โดยนำผลการทดลองของนักเรียนไปทดสอบไคสแควร์



การทดลองตอนที่ 2

ตารางที่ 7 แสดงผลการหิบลูกปิดออกจากภาชนะที่บัสแสงใบที่ 1 และ 2 (ทำเครื่องหมาย X ลงในตาราง)

ครั้งที่	สีของลูกปิด 2 เม็ดที่หิบบได้			
	แบบที่ 1 (สี...../ สี.....)	แบบที่ 2 (สี...../ สี.....)	แบบที่ 3 (สี...../ สี.....)	แบบที่ 4 (สี...../ สี.....)
1				
2				
3				
4				
5				
...				
49				
50				

จะมีโอกาสได้ 4 แบบ คือ ถูที่มีลูกปิดสีแดงและสีเขียว ถูที่มีลูกปิดสีแดงและสีเหลือง ถูที่มีลูกปิดสีขาวและสีเขียว และถูที่มีลูกปิดสีขาวและสีเหลือง

ตารางที่ 8 แสดงผลการหิบลูกปิดออกจากภาชนะที่บัสแสงใบที่ 1 และ 2

กลุ่มที่	สีของลูกปิด 2 เม็ดที่หิบบได้			
	แบบที่ 1 (สี...../ สี.....)	แบบที่ 2 (สี...../ สี.....)	แบบที่ 3 (สี...../ สี.....)	แบบที่ 4 (สี...../ สี.....)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
...				
10				
ค่าเฉลี่ย				
อัตราส่วนอย่างต่ำ				

เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย จำนวนครั้งที่หิบบได้แต่ละแบบมีค่าใกล้เคียงกัน และทำเป็นอัตราส่วนอย่างต่ำ
จะได้ค่าประมาณ 1 : 1 : 1 : 1

คำถาม ถ้าลูกปัดสีแดงเป็นยีน A ลูกปัดสีขาวเป็นยีน a ที่ควบคุมลักษณะหนึ่ง ลูกปัดสีเขียวเป็นยีน B
ลูกปัดสีเหลืองเป็นยีน b ที่ควบคุมอีกลักษณะหนึ่ง

1. ลูกปัดที่หิบบออกจากภาชนะที่บแสงแต่ละใบ เป็นไปตามกฎของเมนเดลข้อใด
กฎข้อที่ 1 ยีนที่อยู่เป็นคู่จะแยกออกจากกันเมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์
2. ลูกปัดจากภาชนะที่บแสงใบที่ 1 เมื่อไปรวมกับลูกปัดจากภาชนะที่บแสงใบที่ 2 เป็นไปตาม
กฎของเมนเดลข้อใด
กฎข้อที่ 2 ยีนที่แยกออกจากกันเมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ แต่ละยีนจะมีโอกาสไปรวมกับ
ยีนที่ควบคุมลักษณะอื่นได้อย่างอิสระ
3. สิ่งมีชีวิตที่เป็นพันธุ์แท้หรือลูกผสมจะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ที่มีความหลากหลายมากกว่ากัน
เพราะเหตุใด
ลูกผสม เพราะลักษณะถูกควบคุมโดยคู่ของยีนที่แตกต่างกัน
4. ถ้าการหิบบลูกปัดแบบนี้เหมือนกับการแยกออกจากกันและการเข้าคู่ของยีนเมื่อมีการสร้าง
เซลล์สืบพันธุ์ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของเมนเดลหรือไม่ ให้ใช้การ
ทดสอบไคสแควร์เพื่อยืนยันข้อสรุป

.....

ตารางที่ 9 แสดงผลการหิบบลูกปัดออกจากภาชนะที่บแสงใบที่ 3 และ 4 (เติมสีลูกปัดในถุงลงในตาราง)

ครั้งที่	รูปแบบที่จับได้	ครั้งที่	รูปแบบที่จับได้	ครั้งที่	รูปแบบที่จับได้	ครั้งที่	รูปแบบที่จับได้
1		14		27		40	
2		15		28		41	
3		16		29		42	
...		...		...			
13		26		39			

ถุงชิปของสีลูกปัดที่หิบบได้เป็นไปตามผลการทดลองจริงของแต่ละกลุ่ม และมีโอกาสเกิดได้ 9 แบบ



ตารางที่ 10 แสดงผลการหิบบนใส่ลูกปัดออกจากภาชนะทึบแสงใบที่ 3 และ 4

กลุ่มที่	จำนวนครั้งของรูปแบบสีลูกปัดที่จับได้								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1									
2									
...									
10									
ค่าเฉลี่ย									
อัตราส่วน อย่างต่ำ									

หมายเหตุ รูปแบบสีลูกปัดมี 9 แบบ ดังนี้

รูปแบบ I	คือ แดง – เหลือง/ แดง – เหลือง
รูปแบบ II	คือ แดง – เหลือง/ แดง – เขียว
รูปแบบ III	คือ แดง – เหลือง/ ขาว – เหลือง
รูปแบบ IV	คือ แดง – เหลือง/ ขาว – เขียว เหมือนกับ แดง – เขียว/ ขาว – เหลือง
รูปแบบ V	คือ แดง – เขียว/ แดง – เขียว
รูปแบบ VI	คือ แดง – เขียว/ ขาว – เขียว
รูปแบบ VII	คือ ขาว – เหลือง/ ขาว – เหลือง
รูปแบบ VIII	คือ ขาว – เหลือง/ ขาว – เขียว
รูปแบบ IX	คือ ขาว – เขียว/ ขาว – เขียว

ถุงซิปของสีลูกปัดและจำนวนครั้งที่หิบบนได้เป็นไปตามผลการทดลองจริงของแต่ละกลุ่ม และเมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย จำนวนครั้งที่หิบบนได้ คือ รูปแบบ I : รูปแบบ II : รูปแบบ III : รูปแบบ IV : รูปแบบ V : รูปแบบ VI : รูปแบบ VII : รูปแบบ VIII : รูปแบบ IX เท่ากับ 1 : 2 : 2 : 4 : 1 : 2 : 1 : 2 : 1

คำถาม ถ้าลูกปัดสีแดงเป็นยีน A ลูกปัดสีขาวเป็นยีน a ที่ควบคุมลักษณะหนึ่ง ลูกปัดสีเขียวเป็นยีน B ลูกปัดสีเหลืองเป็นยีน b ที่ควบคุมอีกลักษณะหนึ่ง

1. สีของลูกปัดในถุงพลาสติกใบที่ 1 และใบที่ 2 ที่จับได้ซึ่งคือรูปแบบยีนที่ได้มีกี่แบบ อะไรบ้าง

9 แบบ คือ $AABB : AaBB : AABb : AaBb : aaBb : Aabb : aabb : AAbb : aaBB$

2. รูปแบบยีนที่ควบคุมลักษณะเด่นพันธุ์แท้ทั้งสองลักษณะมีกี่แบบ อะไรบ้าง และมีโอกาสเกิดเท่าใด

1 แบบ คือ $AABB$ มีโอกาสเกิด $1/16$

3. รูปแบบที่ควบคุมลักษณะด้อยทั้งสองลักษณะมีกี่แบบ อะไรบ้าง และมีโอกาสเกิดเท่าใด

1 แบบ คือ $aabb$ มีโอกาสเกิด $1/16$

4. รูปแบบที่ควบคุมลักษณะลูกผสมทั้งสองลักษณะมีกี่แบบ และมีโอกาสเกิดเท่าใด

1 แบบ คือ $AaBb$ มีโอกาสเกิด $4/16$ หรือ $1/4$

5. รูปแบบที่ควบคุมลักษณะพันธุ์เด่นพันธุ์แท้ 1 ลักษณะ ลูกผสม 1 ลักษณะ มีกี่แบบและมีโอกาสเกิดเท่าใด

2 แบบ คือ $AABb$ และ $AaBB$ มีโอกาสเกิด $2/16 + 2/16 = 4/16$ หรือ $1/4$



ใบงานที่ 3

เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของหน้าคน

วิเคราะห์และตอบคำถาม

1. ลักษณะใดจากกิจกรรมนี้ที่มีสมบัติต่อไปนี้
 - 1.1 ลักษณะข้ามแบบไม่สมบูรณ์ (incomplete dominance)
ลักษณะผม ความหนาของริมฝีปาก ขนาดจมูก
 - 1.2 ลักษณะที่ควบคุมโดยยีนหลายคู่ (polygenic trait)
สีผิว สีผม สีตา สีคิ้ว
 - 1.3 ลักษณะเด่นที่ข่มลักษณะด้อยอย่างสมบูรณ์ (complete dominant trait)
รูปทรงหน้า รอยบุ๋มที่คาง รอยหยักที่โหนก รูปทรงของตา ขนตา ความหนาของคิ้ว ลักยิ้ม ดั้งหู
2. ลูกที่เกิดจากพ่อแม่ที่มียีนเป็น heterozygous หรือ homozygous จะมีโอกาสที่จะมีความหลากหลายของลักษณะทางพันธุกรรมมากกว่ากัน เพราะเหตุใด
heterozygous มีโอกาสที่จะมีความหลากหลายของลักษณะทางพันธุกรรมมากกว่า
homozygous
3. โอกาสที่ลูกจะแสดงลักษณะที่เป็นพันธุ์แท้ทุกลักษณะมีอย่างน้อยเพียงใด จงอธิบาย
มีโอกาสน้อย เพราะพ่อแม่ไม่ได้มีลักษณะพันธุ์แท้ทุกลักษณะ

ใบงานที่ 4

เรื่อง การแก่วิเคราะห์พันธุศาสตร์

1. จากแผนผังการผสมพันธุ์ของถั่วลันเตา จงเติม genotype และ phenotype ลงในช่องว่างที่เว้นไว้

กำหนดให้	<i>R</i>	ควบคุมลักษณะเมล็ดกลม
	<i>r</i>	ควบคุมลักษณะเมล็ดย่น
	<i>Y</i>	ควบคุมลักษณะเมล็ดสีเหลือง
	<i>y</i>	ควบคุมลักษณะเมล็ดสีเขียว
	<i>T</i>	ควบคุมลักษณะต้นสูง
	<i>t</i>	ควบคุมลักษณะต้นเตี้ย

พ่อแม่พันธุ์แท้	เมล็ดกลม เมล็ดสีเขียว ต้นสูง	×	เมล็ดย่น เมล็ดสีเหลือง ต้นเตี้ย
genotype	<i>RRyyTT</i>		<i>rrYYtt</i>
เซลล์สืบพันธุ์	<i>RyT</i>		<i>rYt</i>



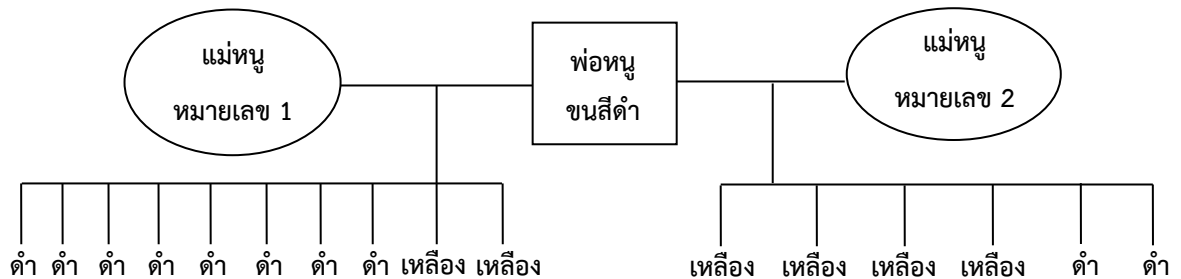
F ₁ genotype	<i>RrYyTt</i>
F ₁ phenotype	เมล็ดกลม สีเหลือง ต้นสูง
F ₁ (ผสมตัวเอง)	<i>RrYyTt</i> × <i>RrYyTt</i>

F₂ genotype ที่เป็นพันธุ์แท้ มี 8 แบบ ดังนี้

1. *RRyyTT* โอกาสเกิด 1/64
2. *RRYYtt* โอกาสเกิด 1/64
3. *RRyyTT* โอกาสเกิด 1/64
4. *RRyytt* โอกาสเกิด 1/64
5. *rryyTT* โอกาสเกิด 1/64
6. *rrYYtt* โอกาสเกิด 1/64
7. *rryyTT* โอกาสเกิด 1/64
8. *rryytt* โอกาสเกิด 1/64



2. สมมติว่าลักษณะสีขนของหนูควบคุมโดยยีน 1 คู่ และการข้ามกันของแอลลีล เป็นแบบสมบูรณให้พ่อหนูที่มีขนสีดำผสมพันธุ์กับแม่หนู 2 ตัว แม่หนูหมายเลข 1 ที่มีขนสีดำให้ลูกออกมา 10 ตัวมีขนสีดำ 8 ตัวและขนสีเหลือง 2 ตัว ส่วนแม่หนูหมายเลข 2 ให้ลูกออกมา 6 ตัว มีทั้งขนสีเหลืองและขนสีดำ จงเติมคำลงในช่องว่าง



- 2.1 ลักษณะขนสี **ดำ** เป็น dominant trait (Y)
- 2.2 ลักษณะขนสี **เหลือง** เป็น recessive trait (y)
- 2.3 จีโนไทป์ ของพ่อหนูคือ **Yy**
- 2.4 จีโนไทป์ ของแม่หนูหมายเลข 1 คือ **Yy**
ฟีโนไทป์ คือ **ขนสีดำ**
- 2.5 จีโนไทป์ ของแม่หนูหมายเลข 2 คือ **yy**
ฟีโนไทป์ คือ **ขนสีเหลือง**
- 2.6 ถ้าให้ลูกหนูขนสีเหลืองของแม่หมายเลข 1 ผสมพันธุ์กับลูกหนูขนสีดำของแม่หมายเลข 2
จะได้ลูกที่มีจีโนไทป์ **2** แบบ ดังนี้
 1. **Yy**
 2. **yy**จะได้ลูกที่มีฟีโนไทป์ **2** แบบ ดังนี้
 1. **ขนสีดำ**
 2. **ขนสีเหลือง**

3. ชายคนหนึ่งต้องการเพาะกระต่ายขาย เขาพบว่ามีการต่ายที่เขาชื่นชอบคือ ขนลายดำขาว จึงซื้อเพศผู้และเพศเมียมาอย่างละ 1 ตัว มาผสมพันธุ์กัน ปรากฏว่าลูกที่เกิดขึ้นมีการต่ายขนลายดำขาว 3 ตัว และขนสีขาว 1 ตัว

3.1 ถ้าชายคนนี้จะตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของกระต่ายขนลายดำขาว

- ท่านคิดว่าสมมติฐานที่ตั้งขึ้นควรเป็นอย่างไร
- ~~ขนลายดำขาวเป็นลักษณะเด่น~~ ~~ขนสีขาวเป็นลักษณะด้อย~~
- กระต่ายที่เขาสื้อมาเป็นพันธุ์แท้หรือลูกผสม (เฉพาะลักษณะสีขน) จึงให้เหตุผลประกอบ
- ~~กระต่ายขนลายดำขาวที่ซื้อมาเป็นลูกผสม เพราะเมื่อผสมพันธุ์กันมีลูกกระต่ายที่มีลักษณะด้อย~~
 ~~คือขนสีขาวเกิดขึ้นด้วย~~

3.2 เนื่องจากเขาต้องการเพาะพันธุ์กระต่ายขนลายดำขาวพันธุ์แท้ เขาจึงซื้อกระต่ายตัวเมียขนลายดำขาวมาอีก 20 ตัว เพื่อเป็นแม่พันธุ์ ผลจากการผสมพันธุ์กระต่ายเพศเมีย 20 ตัว กับเพศผู้ขนลายดำขาวตัวนั้นปรากฏว่าให้ลูกทั้งหมด 200 ตัว มีขนสีดำ 54 ตัว ขนลายดำขาว 97 ตัว และขนสีขาว 49 ตัว

- ข้อสรุปของท่านที่ผ่านมามีเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมของสีขนกระต่าย ถูกต้องหรือไม่ เพราะเหตุใด

ไม่ถูกต้อง เพราะลูกที่เกิดจากการผสมพันธุ์กระต่ายขนลายดำขาว มี 3 ลักษณะ คือ ขนสีดำ ขนสีขาว และลายดำขาว

- ถ้าท่านตั้งสมมติฐานใหม่ที่เหมาะสมเกี่ยวกับพันธุกรรมของลักษณะสีขนกระต่าย ท่านจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร

ยีนที่ควบคุมขนสีดำและยีนที่ควบคุมขนสีขาวเป็นยีนที่ข่มร่วมกันจึงแสดงสีขนลายดำขาว

- ท่านคิดว่าอะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้ข้อมูลการผสมครั้งแรกและครั้งที่ 2 ให้ผลเป็นสมมติฐานที่ต่างกัน

การผสมครั้งแรกใช้พ่อแม่เพียงคู่เดียวและได้ลูกจำนวนน้อย แต่การผสมครั้งหลังใช้แม่ 20 ตัว และให้ลูกจำนวนมากจึงให้ลูกสีขนทั้ง 3 แบบ

- ท่านมีข้อเสนอแนะอย่างไรให้แก่วัยรุ่น สำหรับโครงการเพาะกระต่ายขนลายดำขาวพันธุ์แท้ ถ้าต้องการต้องการเพาะพันธุ์กระต่ายให้ได้ขนลายดำขาวทั้งหมดต้องผสมพันธุ์กระต่ายขนสีดำกับกระต่ายขนสีขาวเท่านั้นจึงจะได้กระต่ายขนลายดำขาวทุกตัว

รายชื่อคณะเรียบเรียงเนื้อหา
วิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 การออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ที่	ชื่อ - สกุล	โรงเรียน/สังกัด
1	ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2	ศ.ดร.ไพศาล สิทธิกรกุล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
3	รศ.ดร.วีระวรรณ สิทธิกรกุล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4	นางเพ็ชรรัตน์ ศรีวิลัย	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
5	ผศ.ดร.พัชนี สิงห์อาษา	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
6	ผศ.สาลี ตั้งคจิวงกูร	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
7	นายณรงค์ พ่วงศรี	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
8	นางสาวอรสา ชูสกุล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
9	นายธีรพัฒน์ เวชขประสิทธิ์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
10	นางสาววิลาส รัตนานุกุล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
11	ดร.สุนัดดา โยมญาติ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
12	ดร.ขวัญชนก ศรีธธาสุข	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
13	ดร.ปารวีร์ เล็กประเสริฐ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
14	นางสาวภณทิลา อุดร	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
15	นางสาวปณยาพร บริเวธานันท์	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
16	นางสาวปาณิก เวียงชัย	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
17	นายโชคชัย อัครินชัย	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
18	นางสาวทิพย์วรรณ สุดปฐม	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
19	นางสาวรัชนิกร กลิ่นหอมหวล	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
20	นางสาวกชพร วงศ์สว่างศิริ	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
21	นายวิสูตร ปฐมโรจนฤทธิ์	สถาบันพัฒนาครู คณาจารย์และบุคลากรทางการศึกษา



คณะกรรมการโครงการ

โครงการพัฒนาชุดการอบรมครูผู้ช่วยหรือครูบรรจุใหม่ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ระดับประถมศึกษาถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่เน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา

1. ผู้อำนวยการ สสวท. (นางพรพรรณ ไวย่างกูร)	ที่ปรึกษา
2. ผู้อำนวยการ สคปศ. (นางสาวนฤมล ไทยวิรัช)	ที่ปรึกษา
3. นางดวงสมร คล่องสารา	ประธานกรรมการ
4. นางกัญณัฐ สวัสดิ์สว่าง	รองประธานกรรมการ
5. นายดุสิต สังข์ร่วมใจ	กรรมการ
6. นายประสงค์ เมธิพิณฑกุล	กรรมการ
7. นางชมัยพร ตั้งตน	กรรมการ
8. นายราม ติวารี	กรรมการ
9. นางสาวสุพรรณิชา ชาญประเสริฐ	กรรมการ
10. นางสาววนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์	กรรมการ
11. นายสุพจน์ วุฒิโสภณ	กรรมการ
12. นางเบญจวรรณ ศรีเจริญ	กรรมการ
13. นางสาวกุศลีน มุสิกกุล	กรรมการ
14. นายสมเกียรติ เพ็ญทอง	กรรมการ
15. นายวัฒน วัฒนากุล	กรรมการ
16. นายวิสูตร ปฐมโรจนฤทธิ์	กรรมการ
17. นางสาวสร้อยดี มุสิกบุตร	กรรมการ
18. นางจิรัฐ อนุเชิงชัย	กรรมการ
19. นางสาวสุนทรี ไกรกาบแก้ว	กรรมการ
20. นายโชคชัย อัครวินชัย	กรรมการ
21. นางสาวทิพย์วรรณ สุดปฐม	กรรมการ
22. นางสาวไศวิจันต์ เสริฐศรี	กรรมการและเลขานุการ
23. นางสาวนิอร ภูรัตน์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
24. นางสาวรัชนีกร กลิ่นหอมหวล	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
25. นางสาวกชพร วงศ์สว่างศิริ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
26. นางสาวยุริย์ พันทวีศักดิ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

