การใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบเชิงประกอบ

วัตถุประสงค์ เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายส่วนประกอบต่างๆ ของกล้องจุลทรรศน์ พร้อมทั้งวิธีการใช้อย่างถูกต้อง

เนื้อหา

กล้องจุลทรรศน์

กล้องจุลทรรศน์เป็นเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่สำคัญและจำเป็นในการขยายภาพของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่มีขนาดเล็กจนไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าให้สามารถมองเห็นได้ชัด และมีการแจกแจงรายละเอียดหรือมีความคมชัดสูง (high resolution) กล้องจุลทรรศน์มีหลายชนิด แบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 2 ชนิด คือกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง (light microscope) และกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน (electron microscope)

กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง (Light microscope) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แบบธรรมดา และแบบเชิงประกอบ

1. แบบธรรมดา (simple light microscope) เป็นกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ประกอบด้วยเลนส์ขยายเพียงชุดเดียว กล้องจุลทรรศน์ชนิดนี้เทียบได้กับแว่นขยาย
2. แบบเชิงประกอบ (compound light microscope) เป็นกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ประกอบด้วยเลนส์ขยาย 2 ชุด คือเลนส์ใกล้วัตถุ (objective lens) และเลนส์ใกล้ตา (eyepiece lens) กำลังขยายสุดท้าย คือ ผลคูณของกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุกับกำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา กำลังขยายที่มากที่สุดของกล้องจุลทรรศน์ชนิดนี้ คือ 2,000 เท่าของวัตถุคือ เลนส์ใกล้ตา x20 และเลนส์ใกล้วัตถุ x100 ถ้าเพิ่มกำลังขยายมากกว่านี้จะทำให้เห็นรายละเอียดของภาพไม่ชัดเจน เนื่องจากข้อจำกัดของความยาวคลื่นแสงที่ใช้และความสามารถในการแจกแจงรายละเอียดของเลนส์วัตถุ (resolving power)

กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน (electron microscope) เป็นกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้ลำอิเลคตรอนในการทำงานแทนแสงสว่างธรรมดา มีความสามารถในการแจกแจงรายละเอียดได้มากกว่ากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงประมาณ 1,000 เท่า มี 2 ชนิด คือ TEM และ SEM

1. TEM (Transmission Electron Microscope) เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนที่ใช้การยิงอิเลคตรอนผ่านตัวอย่างบาง ๆ มีระบบเลนส์ต่าง ๆ เป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าภาพที่เห็นเป็นภาพ 2 มิติและมีความสามารถขยายภาพได้มากกว่า 1 ล้านเท่า ทำให้นักชีววิทยามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและการทำงานของโครงสร้างของเซลล์มากขึ้น

2. SEM (Scanning Electron Microscope) เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนที่มีหลักการให้ลำอิเลคตรอนตกบนตัวอย่างที่เคลือบด้วยสารโลหะหนักบางๆ แล้วถูกสะท้อนไปยังจอรับภาพทำให้เห็นพื้นผิวของตัวอย่างนั้นเป็นภาพ 3 มิติ ภาพจาก SEM มีความคมชัดน้อยกว่าภาพจาก TEM แต่จะเห็นภาพของผิววัตถุ ความลึก และลักษณะรูปร่างแบบ 3 มิติ

ส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบเชิงประกอบ (รูปที่ 1.1)

1. ฐาน (base) เป็นส่วนที่ใช้วางบนโต๊ะ ทำหน้าที่รับน้ำหนักทั้งหมดของกล้องจุลทรรศน์ มีรูปร่างสี่เหลี่ยม หรือวงกลม ที่ฐานจะมีปุ่มสำหรับปิดเปิดไฟฟ้า
2. แขน (arm) เป็นส่วนเชื่อมตัวลำกล้องกับฐาน ใช้เป็นที่จับเพื่อเคลื่อนย้ายกล้องจุลทรรศน์
3. ลำกล้อง (body tube) เป็นส่วนที่ปลายด้านบนมีเลนส์ตา ส่วนปลายด้านล่างติดกับเลนส์วัตถุ ซึ่งติดกับแผ่นหมุนได้ เพื่อเปลี่ยนเลนส์ขนาดต่าง ๆ ติดอยู่กับจานหมุนที่เรียกว่า revolving nosepiece
4. ปุ่มปรับภาพหยาบ (coarse adjustment) ทำหน้าที่ปรับภาพโดยเปลี่ยนระยะโฟกัสของเลนส์ใกล้วัตถุ (เลื่อนลำกล้องหรือแท่นวางวัตถุขึ้นลง) เพื่อทำให้เห็นภาพชัดเจน
5. ปุ่มปรับภาพละเอียด (fine adjustment) ทำหน้าที่ปรับภาพ ทำให้ได้ภาพที่ชัดเจนมากขึ้น
6. เลนส์ใกล้วัตถุ (objective lens) เป็นเลนส์ที่อยู่ใกล้กับแผ่นสไลด์ หรือวัตถุ ปกติติดกับแป้นวงกลมซึ่งมีประมาณ 3-4 อัน แต่ละอันมีกำลังบอกเอาไว้ เช่น x4, x10, x40 และ x100 เป็นต้น โดยในกรณีที่ใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย x100 ต้องใช้น้ำมันเป็นตัวกลางระหว่างเลนส์และวัตถุ จึงจะเห็นภาพและภาพที่เกิดจากเลนส์ใกล้วัตถุเป็นภาพจริงหัวกลับนอกจากนี้ด้านข้างของเลนส์ใกล้วัตถุมีตัวเลขแสดงค่า N.A. (numerical aperture) กำกับอยู่ค่า N.A. (ความสามารถของเลนส์ที่รวบรวมแสงที่หักเหผ่านวัตถุเข้ากล้องมากที่สุด) มีความสัมพันธ์กับ resolving power ดังนี้

$$R = \frac{0.6\,\lambda}{N.A.}$$

R คือ resolving power

λ = ความยาวคลื่นแสง

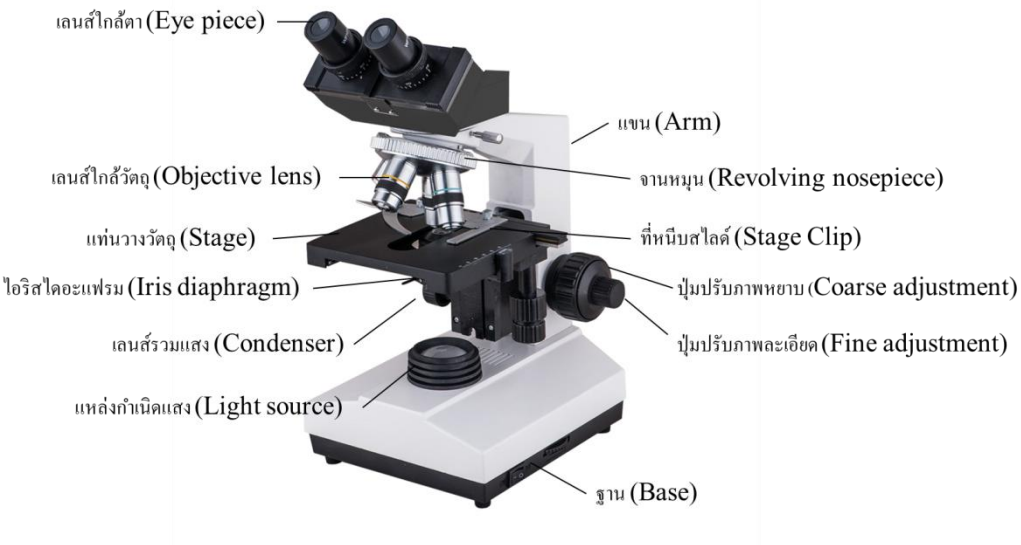
N.A. = numerical aperture

เมื่อค่า N.A. มีค่าสูง และค่า resolving power มีค่าน้อย แสดงว่ากล้องมีการแจกแจงรายละเอียดได้ดี

7. เลนส์ใกล้ตา (eye piece) เป็นเลนส์ที่อยู่บนสุดของลำกล้อง โดยทั่วไปมีกำลังขยาย 10x หรือ 15x ทำหน้าที่ขยายภาพที่ได้จากเลนส์ใกล้วัตถุให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้เกิดภาพที่ตาผู้ศึกษาสามารถมองเห็นได้ โดยภาพที่ได้เป็นภาพเสมือนหัวกลับ
8. เลนส์รวมแสง (condenser) ทำหน้าที่รวมแสงให้เข้มขึ้นเพื่อส่งไปยังวัตถุที่ต้องการศึกษา
9. แหล่งกำเนิดแสง (light source) เป็นหลอดไฟฟ้าให้แสงสว่างติดอยู่ที่ฐานกล้อง มีสวิทช์เปิดปิด และมีสเกลปรับปริมาณแสงสว่าง
10. ไอริสไดอะแฟรม (iris diaphragm) เป็นม่านปรับรูเปิดเพื่อให้แสงผ่านเข้า condenser และมีปุ่มสำหรับปรับ iris diaphragm ให้แสงผ่านเข้ามากน้อยตามต้องการ
11. แท่นวางวัตถุ (stage) มีช่องตรงกลางสำหรับให้แสงผ่าน และใช้วางสไลด์แก้ว เป็นอุปกรณ์ที่เคลื่อนที่ได้ (mechanical stage) ด้วยการหมุนปุ่มบังคับ อุปกรณ์ดังกล่าวมีคลิปเกาะสไลด์ และมีสเกลบอกตำแหน่งของสไลด์บนแท่นวางวัตถุ ฉะนั้นอุปกรณ์นี้จะช่วยอำนวยความ

สะดวกในการเลื่อนสไลด์ไปทางขวา ซ้าย หน้า และหลังได้ในขณะที่ตามองภาพในกล้อง ช่วยให้หาภาพได้รวดเร็ว และมีสเกลบอกตำแหน่งของวัตถุบนสไลด์

12. ที่หนีบสไลด์ (stage Clip) ใช้หนีบสไลด์ให้ติดอยู่กับแท่นวางวัตถุ ในกล้องรุ่นใหม่จะมี mechanical stage แทนเพื่อควบคุมการเลื่อนสไลด์ให้สะดวกยิ่งขึ้น
13. จานหมุน (revolving nosepiece) ใช้หมุนเมื่อต้องการเปลี่ยนกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ



ภาพที่ 1.1 ส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบเชิงประกอบ
ที่มา: เนียรวรรณ มีเจริญ (2561)

กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ (magnification)

กล้องส่วนใหญ่ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ประกอบด้วยเลนส์วัตถุ 4 ขนาด ซึ่งมีกำลังขยายที่ต่างกัน คือเลนส์วัตถุกำลังขยายต่ำ (low-power objective lens) ที่มีเลนส์กำลังขยายเท่ากับ 4x และ10x เลนส์วัตถุกำลังขยายสูง (high-power objective lens) ที่มีเลนส์กำลังขยายเท่ากับ 40x และเลนส์วัตถุหัวน้ำมัน (oil immersion objective lens) ที่มีเลนส์กำลังขยายเท่ากับ 100x ขณะที่เลนส์ตามีกำลังขยาย 10x ดังนั้น กำลังขยายของภาพจากกล้องจุลทรรศน์สามารถคำนวณ ดังนี้

กำลังขยายของภาพ = กำลังขยายของเลนส์ตา ×กำลังขยายของเลนส์วัตถุ

อุปกรณ์/เครื่องมือ

1. กล้องจุลทรรศน์
2. กระดาษเช็ดเลนส์
3. สไลด์ถาวร

การทดลองปฏิบัติการ

1. ศึกษาชื่อและหน้าที่ส่วนต่าง ๆ ของกล้องจุลทรรศน์โดยเปรียบเทียบจากกล้องจุลทรรศน์ที่จัดให้กับภาพแสดงส่วนต่าง ๆ

ปฏิบัติการใช้กล้องจุลทรรศน์ ดังต่อไปนี้

1. วางกล้องจุลทรรศน์ให้ตรงห่างจากขอบโต๊ะพอประมาณ แล้วเปิดสวิตช์ไฟ และหมุนปุ่มปรับแสงในระดับที่เหมาะสม เพื่อให้แสงผ่านเข้าสู่ช่องของแท่นวางวัตถุได้โดยตรง
2. หมุน Revolving Nose Piece ให้เลนส์วัตถุกำลังขยายต่ำที่สุดอยู่ในตำแหน่งใกล้วัตถุตัวอย่างที่สุด (เมื่อหมุนตรงกับตำแหน่งพอดีจะมีปุ่มเล็ก ๆ กดลงในร่องรองรับที่บริเวณฐานของเลนส์วัตถุ)
3. ให้ลองหมุน Condenser ขึ้นจนอยู่ในตำแหน่งสูงสุด แล้วค่อย ๆ หมุนให้เลื่อนลงช้า ๆประมาณ 3 มิลลิเมตร หรือเลื่อนให้ได้ตำแหน่งที่รวมอยู่ที่วัตถุตัวอย่างมากที่สุด
4. ให้ลองปรับ Iris Diaphragm โดยเปิดให้กว้างที่สุดก่อน สังเกตปริมาณที่ผ่านเข้าทาง Ocular แล้วค่อย ๆ ปิดลงช้า ๆ จนเหลือประมาณ 3 ใน 4 ให้สังเกตว่าปิดลงขนาดใดจึงมีสภาพแสงเหมาะสม โดยสังเกตได้ว่าเมื่อดูจาก Ocular แล้วไม่รู้สึกเคืองตา
5. นำสไลด์ถาวรที่จัดเตรียมให้วางลงบนแท่นวางวัตถุจับด้วยคลิปให้เรียบร้อยเลื่อนให้สไลด์ตัวอย่างที่จะศึกษาอยู่ตรงที่แสงส่องขึ้นมาจาก Condenser
6. ให้มองด้านข้างของเลนส์วัตถุ หมุนล้อโฟกัสหยาบจนเลนส์วัตถุอยู่ห่างจากสไลด์ 1 – 2 มิลลิเมตร
7. เปลี่ยนมาดูผ่านทาง Ocular (ให้พยายามฝึกมองโดยลืมตาทั้งสองข้างเพื่อป้องกันไม่ให้เกร็งกล้ามเนื้อใบหน้า กล้ามเนื้อตา ไม่เช่นนั้นแล้วจะปวดเมื่อยลูกนัยน์ตา) ค่อย ๆ หมุนล้อโฟกัสหยาบให้เลนส์วัตถุห่างออกจากสไลด์ช้า ๆ จนเห็นภาพ แล้วเปลี่ยนมาหมุนโฟกัสละเอียดจนเห็นภาพชัดเจนและให้ลองหมุนต่อไปอีกเล็กน้อย จะเห็นภาพคมชัดอีกลักษณะหนึ่งและเห็นได้หลายระยะ

- ภาพที่เห็นชัดเจนครั้งแรกคือผิวด้านบนสุดของวัตถุตัวอย่าง
- ภาพที่คมชัดครั้งต่อมาคือตำแหน่งที่ลึกลงไป
- ภาพที่เห็นชัดเจนครั้งสุดท้ายคือส่วนที่อยู่ล่างสุดของวัตถุตัวอย่างที่กำลังศึกษา

8. เมื่อเห็นภาพคมชัดแล้ว ให้ลองเลื่อนสไลด์ไปทางซ้าย ให้สังเกตภาพเคลื่อนไปทางทิศใด แล้วลองเลื่อนสไลด์ไปทางขวา ให้สังเกตอีกครั้งว่าภาพเคลื่อนไปทางทิศใด
9. ให้ลองเปลี่ยนใช้เลนส์วัตถุที่กำลังขยาย 10x เป็น 40x ทำได้โดยการหมุน Revolving Nose Piece ให้เลนส์อยู่ในตำแหน่งแทนที่เลนส์กำลังขยาย 4x ให้สังเกตภาพทาง Ocular โดยไม่ต้องปรับโฟกัส แล้วให้ลองปรับโฟกัสจนเห็นภาพคมชัดโดยการหมุนปรับละเอียด เปิด Iris Diaphragm ให้กว้างขึ้นและปิดลงให้สังเกตความชัดของภาพว่าแตกต่างกันหรือไม่ ภาพในขณะที่เปิด Iris Diaphragm เปิด Diaphragm ให้กว้างขึ้นกับปิดให้แคบลงอย่างไหนชัดกว่ากัน
10. ให้นักศึกษาเปรียบเทียบขนาดของภาพ ขอบเขตของภาพที่เห็นภายในวงกลม (Diameter of Field) เมื่อใช้เลนส์วัตถุกำลังขยายต่าง ๆ กันและให้สังเกตระยะระหว่างเลนส์วัตถุกับสไลด์ระยะที่สั้นที่สุดเมื่อใช้เลนส์วัตถุกำลังขยายใดและกำลังขยายเท่าใดที่ระยะยาวที่สุด
11. ทดลองใช้เลนส์วัตถุกำลังขยาย 100x โดยเริ่มจากใช้เลนส์วัตถุ10x ปรับโฟกัสให้เห็นภาพคมชัด หมุน Revolving Nose Piece เลื่อนเลนส์กำลังขยาย 10x ออกจากตำแหน่งที่รับแสงหรือตำแหน่งที่ดูภาพหยด Immersion Oil ลงบนตำแหน่งที่ต้องการศึกษา 1-2 หยดแล้วเปลี่ยนเป็นเลนส์วัตถุที่มีกำลังขยาย 100x เข้าสู่ตำแหน่งรับแสง ดูภาพทาง Ocular ปรับโฟกัสโดยใช้ล้อปรับละเอียดเท่านั้นจนเห็นภาพชัดเจน ให้สังเกตเปรียบเทียบความละเอียดขนาดของภาพที่เห็นกับภาพที่เห็นในขณะที่ใช้เลนส์วัตถุกำลังขยาย 40x

การดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์

1. การเคลื่อนย้ายกล้องจุลทรรศน์ให้ใช้มือหนึ่งจับที่ส่วน แขน ของกล้อง อีกมือหนึ่งรองใต้ฐานของกล้องให้ตัวกล้องตั้งตรงและนำเข้าชิดลำตัวและถืออย่างระมัดระวังอย่าให้กล้องเอียง เพราะหากเอียงมากจะทำให้ Ocular หลุดล่วงแตกเสียหายได้
2. การรักษาความสะอาดกล้องจุลทรรศน์หลังจากใช้กล้องแล้วทุกครั้ง ก่อนนำไปเก็บจะต้องทำความสะอาด เช็ดให้แห้ง การทำความสะอาดเลนส์ให้ใช้เฉพาะกระดาษเช็ดเลนส์และน้ำยาทำความสะอาดเลนส์ที่เตรียมไว้ให้เท่านั้น โดยใช้กระดาษเช็ดเลนส์แผ่นหนึ่งชุบน้ำยาล้างเลนส์เช็ดเลนส์ให้ทั่วทุกอัน แล้วใช้กระดาษเช็ดเลนส์แผ่นใหม่เช็ดที่เลนส์เพื่อทำความสะอาดน้ำยาเช็ดเลนส์ออกอีกครั้งหนึ่งจึงนำไปเก็บตามที่กำหนด
3. การระวังในขณะที่ปรับโฟกัส ถ้าเป็นเลนส์ที่กำลังขยาย 4x และ10x ก่อนจะหมุนล้อปรับโฟกัสให้ดูทางด้านข้าง (ยังไม่ดูทาง Ocular) หมุนล้อโฟกัสละเอียดช้า ๆ จนเลนส์เคลื่อนเข้าใกล้กับสไลด์จึงเปลี่ยนไปดูผ่านทาง Ocular และหมุนล้อปรับละเอียดจนเห็นภาพคมชัดเจน
4. ข้อควรระวังก่อนที่จะวางสไลด์ลงบนแท่นให้ตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้เช็ดทำความสะอาดด้านล่างจนแห้งแล้วและวางสไลด์โดยให้แผ่น กระจกปิดสไลด์อยู่ด้านบนเสมอ
5. การเก็บกล้องจุลทรรศน์หลังที่ทำความสะอาดเรียบร้อยแล้วก่อนนำเข้าเก็บให้หมุน Revolving Nose Piece เปลี่ยนให้เลนส์ที่กำลังขยายต่ำสุดไปอยู่ในตำแหน่งที่ใช้ดูภาพปิด Iris Diaphragm หมุนล้อโฟกัสให้แท่นวางสไลด์ลงมาอยู่ในตำแหน่งต่ำสุด นำเข้าเก็บในที่กำหนด ใช้ถุงพลาสติกคลุมกล้องเพื่อป้องกันฝุ่นละอองให้เรียบร้อย
6. กล้องจุลทรรศน์ที่ใช้หลอดไฟฟ้าเป็นต้นกำเนิดแสง เมื่อหยุดดูหรือหยุดส่องทุกครั้งให้ปิดสวิตช์เพื่อรักษาอายุหลอดให้สามารถใช้ได้นานและยังเป็นการประหยัดไฟฟ้าอีกด้วย

รายงานปฏิบัติการ

วันที่ทำการทดลอง.....

กลุ่มที่.....หมู่เรียนที่.....

ชื่อ-สกุล ..... รหัส.....

บันทึกผลการทดลองและตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงถ่ายรูปตัวอย่างสไลด์ถาวรที่มองเห็นในกล้องจุลทรรศน์

4X	10X	40X

2. จงบอกขนาดภาพที่กำลังขยายกล้องจุลทรรศน์ต่าง ๆ ข้างต้น ลงในตาราง พร้อมทั้งแสดงวิธีคำนวณ

กำลังขยายของเลนส์วัตถุ	กำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา	ขนาดของภาพที่ขยาย
4X		
10X		
40X		
100X		

วิธีคำนวณ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. เหตุใดจึงเรียกกล้องที่ท่านใช้ศึกษาว่า compound light microscope และมีความแตกต่างจากแว่นขยายอย่างไร
2. ระยะทำงานของกล้องคืออะไร เมื่อใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่ำ และกำลังขยายสูง ระยะการทำงานมีความแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร
3. ถ้าต้องการดูวัตถุที่บางใส ไม่มีสี ต้องปรับแสงให้เข้ากล้องจุลทรรศน์มากหรือน้อยโดยปรับส่วนประกอบใดของกล้อง
4. ภาพที่ปรากฏในกล้องจุลทรรศน์ชนิดต่างๆ เหมือนหรือแตกต่างจากภาพที่ท่านเห็นวัตถุด้วยตาเปล่าหรือไม่อย่างไร
5. เมื่อเปิด Iris Diaphragm กว้างที่สุดกับเมื่อปิดให้เล็กลง แสงที่ผ่านเข้าสู่ภาพมีปริมาณหรือความเข้มต่างกันหรือไม่อย่างไร
6. เมื่อใช้เลนส์กำลังขยาย 4x ภาพที่เห็นชัดเจนดีแล้ว เมื่อเปลี่ยนเป็นเลนส์กำลังขยาย 10x โดยยังไม่ปรับโฟกัสภาพยังคงคมชัดเช่นเดิมหรือไม่อย่างไร
7. เมื่อเปลี่ยนเลนส์กำลังขยายมากขึ้นขอบเขตและรายละเอียดของภาพเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอย่างไรบ้าง
8. ให้อธิบายความหมายของคำต่อไปนี้
   Ocular, Tube, Revolving Nose Piece, Coarse Adjustment knob, Fine Adjustment knob, Condenser, Iris Diaphragm
9. เมื่อดูเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยใช้เลนส์ใกล้ตาที่มีกำลังขยาย 10 เท่า และเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย 40 เท่า สามารถมองเห็นภาพเซลล์ขนาด 100 ไมครอน ขนาดจริงของเซลล์เป็นเท่าใด (แสดงวิธีคิด)

เอกสารอ้างอิง

กันยา สันทนะโชติและคณะ. 2555. การเก็บตัวอย่างพืช. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

กันยารัตน์ ไชยสุต. 2532. เซลล์พันธุศาสตร์และเซลล์อนุกรมวิธานของพืชสกุล *Zephyranthes*.ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คู่มือการปฏิบัติงาน เรื่องเทคนิคปฏิบัติการเคมีและการช่วยสอนสำหรับนักวิชาชีพที่ปฏิบัติหน้าที่สนับสนุนการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการเคมี

คู่มือปฏิบัติการชีวเคมีเบื้องต้น ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ยาสมี เลาหสกุล นูรีซัน สาและ ฟายีมะห์ อาแด ฮินดล วาโด รอฮานา ลาเตะ และลักขณา รักขพันธ. (2563). การผลิตสารสีบนเปลือกกล้วยหินของเชื อ อราโมแนสคัสที่แยกจากข้าวแดง. ใน *งานประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายสถาบันอุดมศึกษาภาคใต้ ครั้งที่ 5* (น. 807). จังหวัดนครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
สืบค้นวันที่ 12 มีนาคม 2562, จาก https://www.thoughtco.com/dna-versus-rna-608191

หนูเดือน เมืองแสน. (2552). *คู่มือการทำวิจัยทางชีววิทยาระดับโมเลกุล*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Abdel-Latif, A. and Osman, G. 2017. Comparison of three genomic DNA extraction methods to obtain high DNA quality from maize. *Plant Methods*, 13:1. DOI 10.1186/s13007-016-0152-4

Drabik, A. Bodzoń-Kułakowska, A. and J.Silberring, J. (2016). Gel Electrophoresis *In* Proteomic Profiling and Analytical Chemistry (Second Edition) pp. 115-143. The Crossroads.

Hall, B. (30 สิงหาคม 2562). *Tools of the Laboratory: The Microscope*. สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2562, จาก https://slideplayer.com/slide/7066653/.

Helmenstine, A. M. (12 มีนาคม 2562). *The Differences Between DNA and RNA*

Inga G, Tamara K, Boris V, Marina K, Nelly D. (2014). Application of PCR-based methods for rapid detection of corn ingredients in processed foods. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 3, 199–202.

Leitão, C. A. E. (2016). An alternative stage micrometer for use at light microscope. https://www.researchgate.net/publication/317401445_An_alternative_stage_micrometer_for_use_at_light_microscope.

Looke, M., Kristjuhan, K. and Kristjuhan, A. 2011. Extraction of genomic DNA from Yeasts for PCR base application. Biotechniques 50(5): 325–328.

Pelczar, M.J. and Chan, E.C.S. (1981). *Elements of Microbiology*. p.57. McGraw-Hill Books Co: New York.

ToupTek Photonics (2020). ToupView Quick Help. https://mmrc.caltech.edu/Microscope_Camera_AmScope/ToupViewHelpManual/05_ToupView_Quick_Help_en.pdf.

Yeung, E. (1998). A beginner's guide to the study of plant structure. *In* Botanical Microtechniques. https://www.researchgate.net/figure/One-method-of-holding-a-specimen-for-free-hand-sectioning_fig1_228552007.

Wikipedia (12 มีนาคม 2562) Gel electrophoresis. สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2562, จาก http://www.wikiwand.com/en/Gel_electrophoresis.