



คำชี้แจง

คู่มือการใช้สื่อการสอนวิชาชีววิทยา จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูในการใช้ประกอบการสอนวิชาชีววิทยา คู่มือนี้ได้ระบุดูจุดประสงค์ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง เนื้อหาในสื่อ และแนวทางจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ครูเข้าใจเนื้อหาของเรื่องที่สอน สามารถใช้ประกอบการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถเตรียมตัวและเตรียมแผนการสอนให้เหมาะกับนักเรียนในชั้น คู่มือนี้ยังมีส่วนภาคผนวกที่ประกอบด้วยคำอธิบายศัพท์ และแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม จึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือนี้จะช่วยให้ครูสามารถสอนชีววิทยาได้อย่างมีประสิทธิภาพและเปิดโลกทัศน์ในการเรียนรู้มากขึ้น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรรณ สัตยาลัย

ผู้จัดทำคู่มือ

รองศาสตราจารย์ ดร. ประคอง ตั้งประพสิทธิ์กุล

ผู้ตรวจคู่มือ



สารบัญ

	หน้า
จุดประสงค์	4
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	4
สาระ	5
แนวทางในการจัดการเรียนรู้	14
ภาคผนวก	16
ก. คำอธิบายศัพท์	
ข. แหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม	
รายชื่อสื่อการสอนวิชาชีววิทยาจำนวนทั้งหมด 92 ตอน	18



เรื่อง

การสืบพันธุ์ระดับเซลล์ 1 วัฏจักรเซลล์; interphase และ division phase

การสืบพันธุ์ระดับเซลล์ 1 เรื่อง วัฏจักรเซลล์: interphase และ division phase เป็นสื่อประกอบการสอนตอนหนึ่งในชุดของเรื่องการสืบพันธุ์ ซึ่งมีทั้งหมด 8 ตอน ได้แก่

1. การสืบพันธุ์ระดับเซลล์ 1 วัฏจักรเซลล์: interphase และ division phase
2. การสืบพันธุ์ระดับเซลล์ 2 วัฏจักรเซลล์: division phase; mitosis
3. การสืบพันธุ์ระดับเซลล์ 3 วัฏจักรเซลล์: division phase; meiosis
4. รูปแบบของการสืบพันธุ์
5. การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและระบบสืบพันธุ์
6. การสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้
7. การสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย
8. การปฏิสนธิ



จุดประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ บอก ความแตกต่างของกิจกรรมระดับเซลล์ที่เกิดขึ้นในช่วง interphase (อินเทอร์เฟส) กับช่วง division phase (ดิวิชัน เฟส) ซึ่งเป็นช่วงที่เซลล์การแบ่งเซลล์ได้ และทราบว่าการแบ่งนิวเคลียสมีวิธีการแบ่งที่แตกต่างกัน 2 แบบ ซึ่งทำให้เซลล์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งนิวเคลียสแต่ละแบบมีสมบัติที่ต่างกัน

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

เมื่อผู้เรียนได้ศึกษาจากสื่อประกอบการสอนตอนนี้แล้ว สามารถ

1. ระบุถึงผลของการแบ่งเซลล์ที่มีต่อสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์
2. อธิบายความหมายของ วัฏจักรเซลล์ (cell cycle)
3. บอกความแตกต่างของกิจกรรมระดับเซลล์ที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงย่อย เมื่อเซลล์อยู่ในช่วง interphase
4. ระบุบทบาทของกิจกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงย่อยของ interphase ที่มีต่อเซลล์ และต่อการแบ่งเซลล์ซึ่งจะเกิดในระยะถัดไป
5. ระบุความแตกต่างของเซลล์ผลลัพธ์ที่ได้การแบ่งนิวเคลียสแบบ mitosis (ไมโทซิส) เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งนิวเคลียสแบบ meiosis (ไมโอซิส)



สาระ

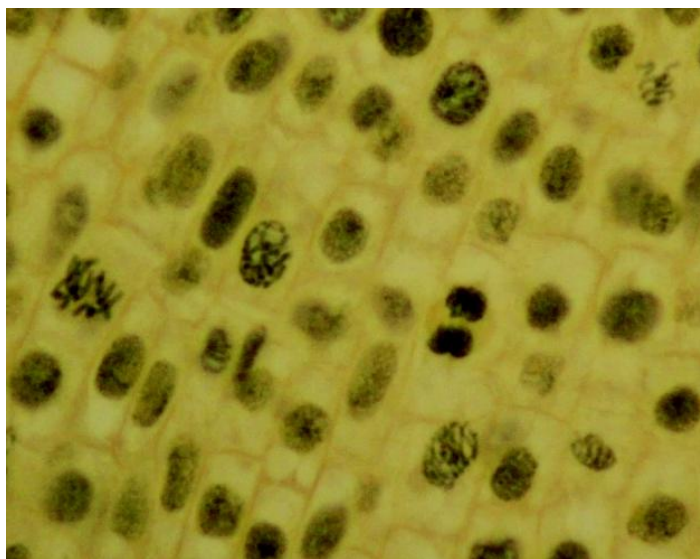
การผลิตเซลล์ใหม่ทำให้มีจำนวนเซลล์เพิ่มขึ้นจัดเป็นการสืบพันธุ์ระดับเซลล์ การผลิตเซลล์เพิ่มขึ้นในสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ทำให้เกิดการเติบโต (growth) ของสิ่งมีชีวิตนั้น

การผลิตเซลล์ใหม่เกิดโดยการแบ่งเซลล์ ในพืชจะพบกิจกรรมการแบ่งเซลล์เกิดที่เนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissue) ซึ่งมักพบที่บริเวณปลายยอด ปลายราก ตาใบ และ ตาดอก เป็นต้น ส่วนในสัตว์จะพบกิจกรรมการแบ่งเซลล์เกิดขึ้นชัดเจนในช่วงที่มีการเจริญของ embryo (เอมบริโอ) ที่เกิดหลังจากการปฏิสนธิ (fertilization) ระหว่างไข่กับสเปิร์มได้เป็นเซลล์ zygote (ไซโกต) รวมทั้งในขณะที่ยังมีชีวิตนั้น กำลังมีการเจริญ (development) เพื่อเป็นตัวเต็มวัย (adult) เมื่อเป็นตัวเต็มวัยแล้ว จะพบกิจกรรมการแบ่งเซลล์ได้ในเนื้อเยื่อที่ต้องการเซลล์ใหม่ไปทดแทนเซลล์เดิมที่ตายไป

เมื่อศึกษาในเนื้อเยื่อเจริญของพืชหรือใน embryo จะพบว่าเซลล์ทุกเซลล์ไม่ได้มีกิจกรรมระดับเซลล์ที่เป็นช่วงเดียวกัน บางเซลล์พบอยู่ในช่วงที่ยังไม่มีกิจกรรมการแบ่งเซลล์เรียกว่า ช่วง interphase ในขณะที่บางเซลล์พบอยู่ในช่วงที่กำลังมีการแบ่งเซลล์ซึ่งเป็นช่วง division phase เรียกวงจรที่เซลล์มีกิจกรรมสลับระหว่างช่วงอินเทอร์เฟส กับ division phase ว่า **วัฏจักรเซลล์ (cell cycle)** (ดังภาพที่ 1) อย่างไรก็ตามในเนื้อเยื่อที่มีเซลล์ที่กำลังมีการแบ่งเซลล์ใน division phase การแบ่งเซลล์ที่พบก็ไม่ได้อยู่ในระยะย่อยเดียวกัน (ดังภาพที่ 2)



ภาพที่ 1 แสดงวัฏจักรเซลล์และช่วงย่อยต่างๆ ในวัฏจักรเซลล์



ภาพที่ 2 แสดงเซลล์ในช่วงและระยะต่างๆในเนื้อเยื่อปลายรากหอม

กิจกรรมระดับเซลล์ในช่วง **interphase**

เซลล์ในช่วง interphase มีกิจกรรมระดับเซลล์ต่างกัน จึงแบ่งช่วง interphase เป็นช่วงย่อย 3 ช่วง ได้แก่ ช่วง G_1 , S และ G_2

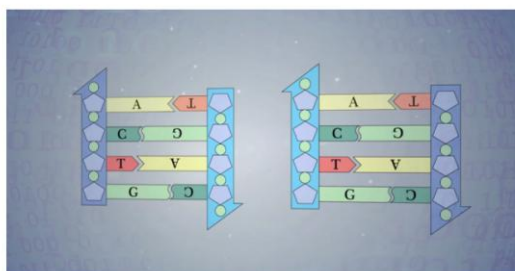
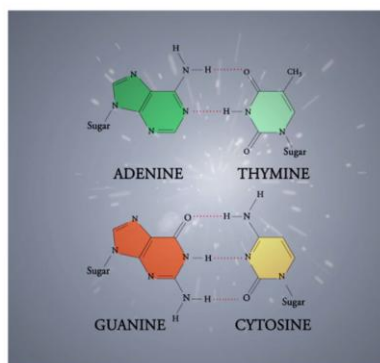
ในช่วง G_1 ซึ่งเป็นช่วงที่เซลล์เพิ่งจะผ่านการแบ่งเซลล์จากวัฏจักรเซลล์ในรอบก่อนหน้ามาใหม่ๆ เซลล์ยังมีขนาดเล็ก กิจกรรมระดับเซลล์ในช่วงนี้ได้แก่การผลิตและสะสมโมเลกุลต่างๆภายในเซลล์ เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน กรด ribonucleic (RNA) รวมทั้ง enzyme (เอนไซม์) ที่ต้องการใช้ในขั้นตอนต่อไป ซึ่งส่งผลให้เซลล์มีโมเลกุลต่างๆเหล่านี้สะสมในไซโทพลาซึมมากขึ้นตามลำดับ และทำให้เซลล์มีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้เกิดการเติบโตของเซลล์ (cell growth)

ในช่วง S เป็นช่วงที่เซลล์เตรียมความพร้อมสำหรับการแบ่งเซลล์ที่จะเกิดในอนาคตโดยการผลิตเฉพาะโมเลกุลที่เป็นแหล่งบรรจุข้อมูลทางพันธุกรรมซึ่งได้แก่ กรด deoxyribonucleic หรือ DNA

กระบวนการผลิต DNA โมเลกุลใหม่ เกิดโดยการใช้ DNA โมเลกุลเดิมเป็นแม่พิมพ์ ผ่านกระบวนการผลิตแบบเฉพาะที่เรียกว่า การจำลองแบบกึ่งอนุรักษ์ (semi-conservative DNA replication) ทำให้ได้ DNA โมเลกุลใหม่ 2 โมเลกุลที่เหมือนกันทุกประการ และเหมือนกับโมเลกุล DNA ที่เป็นแม่พิมพ์ (ดังภาพที่ 3) ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ทำให้ได้ DNA 2 โมเลกุลที่เหมือนกันทุกประการนั้นเกิดจากกระบวนการที่มีการจับกันอย่างจำเพาะเจาะจงของเบสคู่สม (complementary base pairs) ระหว่าง เบส Adenine – A (อะดีนีน) กับเบส Thymine – T (ไทมีน) และเบส Cytosine – C (ไซโทซีน) กับเบส Guanine – G (กวานีน) (ภาพที่ 4)



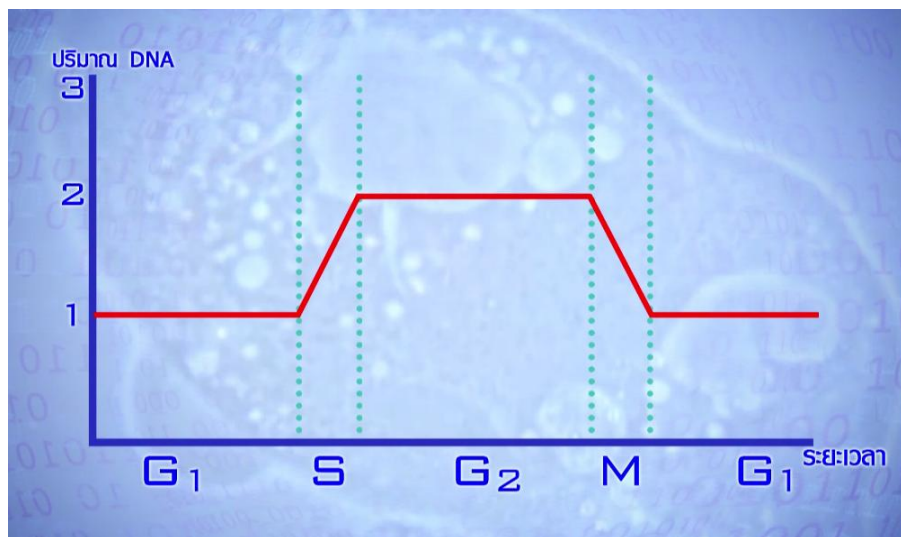
ภาพที่ 3 แสดงการจำลอง DNA แบบกึ่งอนุรักษ์ (semi-conservative DNA replication)



ภาพที่ 4 แสดงการจับกันอย่างจำเพาะเจาะจงของเบสคู่สม (complementary base pairing)



ดังนั้นเมื่อจบช่วง S ปริมาณ DNA ที่เคยเป็นสายเกลียวคู่ (double helix) เพียงโมเลกุลเดียว จะได้เป็น DNA สายเกลียวคู่ 2 สายที่ยึดติดอยู่ที่บางตำแหน่ง ทำให้ปริมาณ DNA ภายในเซลล์จะเพิ่มเป็น 2 เท่าของปริมาณ DNA ในช่วง G_1 (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณ DNA ในวัฏจักรเซลล์

ในช่วง G_2 เป็นช่วงที่เซลล์ผลิตโมเลกุลที่จะต้องใช้ในการแบ่งเซลล์ที่เกิดในช่วงต่อไปให้มีพร้อม ดังนั้นเซลล์จะเกิดการเติบโตเพิ่มขึ้นจากช่วง G_1 และ ช่วง S

กิจกรรมระดับเซลล์ในช่วง division phase

ในช่วง division phase เซลล์มีกิจกรรมการแบ่งเซลล์ โดยเกิดการแบ่งนิวเคลียสก่อนจึงเกิดการแบ่งไซโทพลาซึม

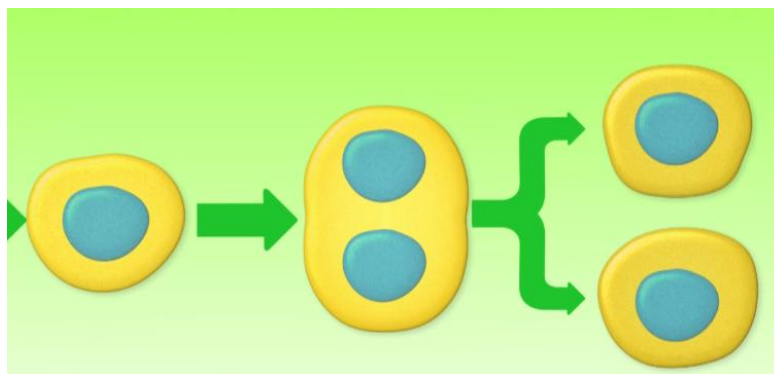
การแบ่งนิวเคลียสมีวิธีการแบ่งที่แตกต่างกัน 2 แบบ ซึ่งส่งผลให้ได้เซลล์ผลลัพธ์ของแต่ละแบบที่มีสมบัติที่ต่างกัน ได้แก่การแบ่งแบบ mitosis (ไมโทซิส) กับการแบ่งแบบ meiosis (ไมโอซิส)

การแบ่งนิวเคลียสแบบ mitosis

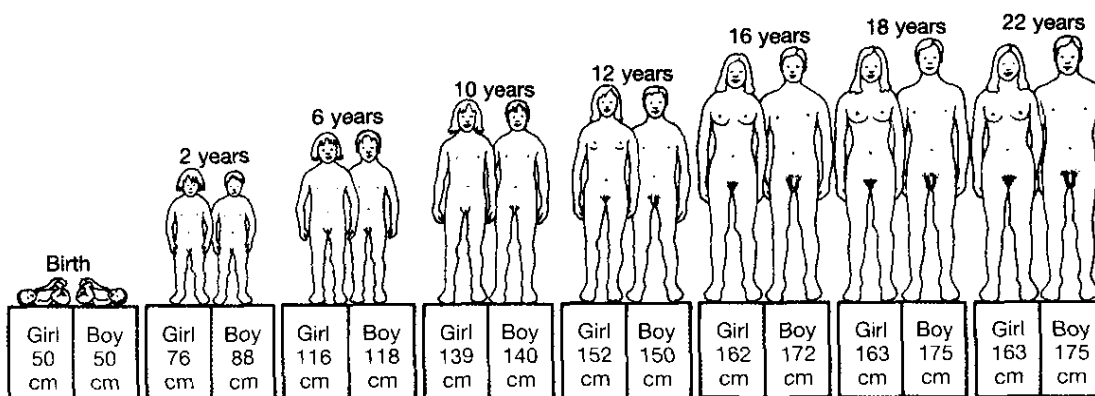
การแบ่งนิวเคลียสแบบ mitosis เกิดกับเซลล์ร่างกาย (somatic cells) โดยเซลล์ที่เกิดการแบ่งนิวเคลียสแบบนี้ พบว่าจากเซลล์เริ่มต้น 1 เซลล์เมื่อจบกระบวนการจะได้เซลล์ผลลัพธ์ 2 เซลล์ที่มีข้อมูลทางพันธุกรรมที่เหมือนกันทุกประการและเหมือนกับเซลล์เริ่มต้นด้วย (ดังภาพที่6)



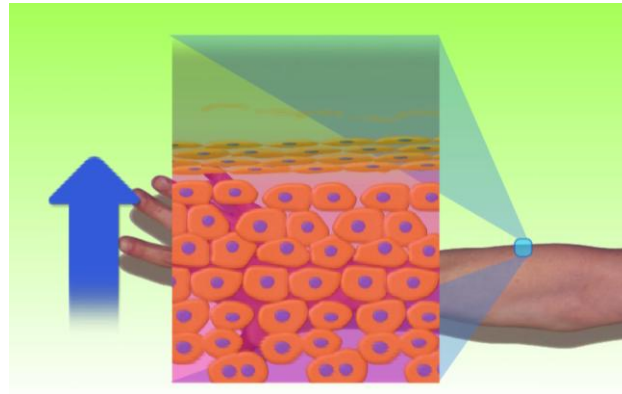
การแบ่งเซลล์ที่ใช้การแบ่งนิวเคลียสแบบนี้ ทำให้เนื้อเยื่อต่าง ๆ มีจำนวนเซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการเติบโตของเนื้อเยื่อ ของอวัยวะ และ ของร่างกาย นอกจากนั้นการแบ่งเซลล์แบบนี้ในบางเนื้อเยื่อช่วยให้มีเซลล์ใหม่ไปทดแทนเซลล์เดิมที่เสื่อมสภาพและตายไป ทำให้เนื้อเยื่อเหล่านั้นสามารถคงขนาดไว้ได้ (ดังภาพที่ 7 และภาพที่ 8)



ภาพที่ 6 แสดงเซลล์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งนิวเคลียสแบบ mitosis ทั้งสองเซลล์ที่เหมือนกัน และเหมือนกับเซลล์เริ่มต้น



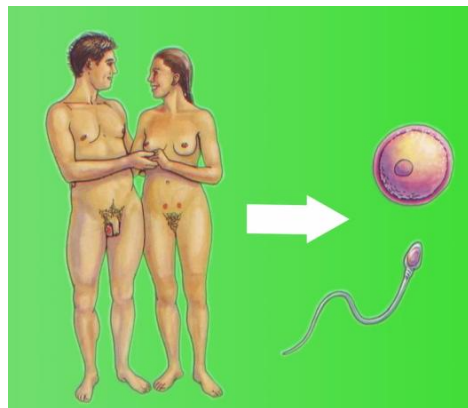
ภาพที่ 7 แสดงการเติบโตที่เป็นผลจากการเพิ่มจำนวนเซลล์ของเซลล์ร่างกายโดยการแบ่งนิวเคลียสแบบ mitosis



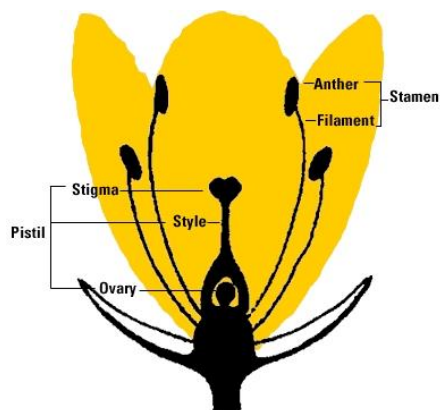
ภาพที่ 8 แสดงการแบ่งเซลล์ของเนื้อเยื่อผิวหนังจากเซลล์เยื่อบุผิวที่อยู่ชั้นล่างเพื่อทดแทนเซลล์
ชั้นบนที่ตายไป

การแบ่งนิวเคลียสแบบ meiosis

การแบ่งนิวเคลียสแบบนี้เป็นวิธีการพิเศษที่พบเกิดเฉพาะในเซลล์ที่จะเจริญต่อไปเป็นเซลล์
สืบพันธุ์ (germ line cells) ดังนั้นจะพบการแบ่งนิวเคลียสแบบนี้ได้เฉพาะในอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์
(gonad) เช่นในอัณฑะ (testis) หรือในรังไข่ (ovary) (ดังภาพที่ 9) หรือในอับเรณู (anther) หรือรังไข่ในพืช
(ดังภาพที่ 10)

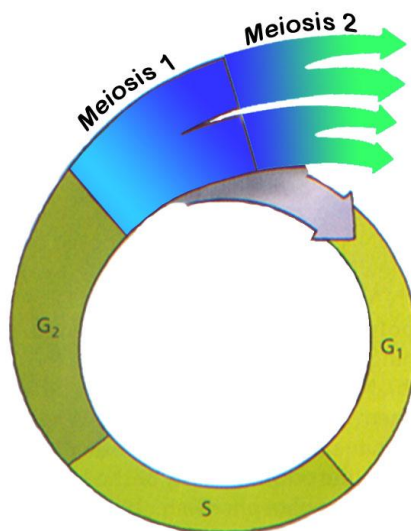


ภาพที่ 9 แสดงอัณฑะและรังไข่ของมนุษย์ ซึ่งเป็นแหล่งที่มีการแบ่งนิวเคลียสแบบ meiosis เพื่อ
ผลิตอสุจิและไข่

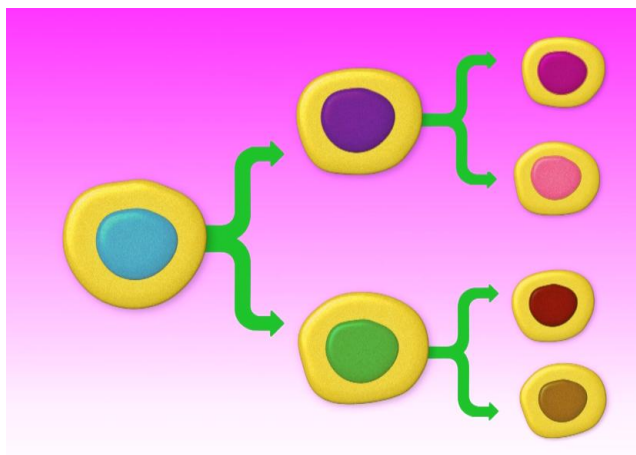


ภาพที่ 10 แสดง อับเรณูและรังไข่ของพืชดอกซึ่งเป็นแหล่งที่มีการแบ่งนิวเคลียสแบบ meiosis เพื่อผลิตเรณูและไข่

ในกระบวนการแบ่งนิวเคลียสแบบ meiosis นี้จะเกิดการแบ่งเซลล์ 2 ครั้งต่อเนื่องกันใน 1 วัฏจักรเซลล์ (ดังภาพที่ 11) ในการแบ่งครั้งแรกจะได้เซลล์ 2 เซลล์ที่แตกต่างกันและแตกต่างจากเซลล์เริ่มต้น และเซลล์ทั้ง 2 เซลล์นี้เมื่อมีการแบ่งต่อไปจะได้เซลล์ทั้งสิ้น 4 เซลล์ที่แต่ละเซลล์แตกต่างกัน (ดังภาพที่ 12)



ภาพที่ 11 แสดงวัฏจักรเซลล์ของการแบ่งนิวเคลียสแบบ meiosis



ภาพที่ 12 แสดงเซลล์ผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งนิวเคลียสแบบ meiosis ได้เซลล์ผลลัพธ์ 4
เซลล์ที่แตกต่างกันและแตกต่างจากเซลล์เริ่มต้น

การแบ่งไซโทพลาซึม

เกิดเมื่อการแบ่งนิวเคลียสเสร็จสิ้น การแบ่งไซโทพลาซึมในเซลล์พืช กับเซลล์สัตว์มีวิธีการที่
แตกต่างกัน

สรุป

1. วัฏจักรเซลล์เป็นวงจรที่เซลล์มีกิจกรรมสลับระหว่างช่วง division phase ที่เซลล์มีกิจกรรม
การแบ่งเซลล์ กับช่วง interphase ที่เซลล์ไม่มีการแบ่งเซลล์ แต่มีกิจกรรมการสังเคราะห์และ
สะสมโมเลกุลต่างๆ
2. ช่วง interphase แบ่ง 3 ช่วงย่อยได้แก่ G_1 , S และ G_2 ตามกิจกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงย่อย
3. การจำลอง DNA ในระยะ S ทำให้เซลล์มีปริมาณ DNA เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของปริมาณ DNA ใน
ระยะ G_1
4. DNA โมเลกุลใหม่ทั้งสองโมเลกุลเหมือนกันทุกประการ และเหมือนกับ DNA ในระยะ G_1 ซึ่ง
เป็นแม่พิมพ์



5. การแบ่งนิวเคลียสแบบ mitosis เกิดกับเซลล์ร่างกาย มีผลให้เมื่อจบ division phase ได้เซลล์ใหม่ 2 เซลล์ที่เหมือนกันทุกประการและเหมือนกับเซลล์เริ่มต้น
6. การแบ่งนิวเคลียสแบบ meiosis เกิดในกระบวนการผลิตเซลล์สืบพันธุ์ เกิดการแบ่งเซลล์ 2 รอบต่อเนื่องกัน มีผลให้เมื่อจบกระบวนการได้เซลล์ผลลัพธ์ 4 เซลล์ที่แตกต่างกัน และแต่ละเซลล์แตกต่างจากเซลล์เริ่มต้น



แนวทางในการจัดการเรียนรู้

สื่อประกอบการสอนเรื่องการสืบพันธุ์ระดับเซลล์ทั้ง 3 คือการสืบพันธุ์ระดับเซลล์ 1 การสืบพันธุ์ระดับเซลล์ 2 และ การสืบพันธุ์ระดับเซลล์ 3 เป็นเรื่องที่มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกัน ในเรื่อง วัฏจักรเซลล์; interphase กับ division phase เป็นตอนที่ 1 ของการสืบพันธุ์ระดับการ ซึ่งการแสดงว่าในช่วงเวลาต่างๆเซลล์มีกิจกรรมระดับเซลล์ที่แตกต่างกัน กิจกรรมที่เกิดขึ้นในช่วงก่อนหน้าจะมีบทบาทต่อกิจกรรมที่จะเกิดในระยะถัดไป เมื่อศึกษาครบทั้ง 3 ตอนแล้วจะทราบว่ากิจกรรมที่เกิดขึ้นในช่วง interphase จะมีผลต่อช่วง division phase ได้อย่างไร การใช้สื่อประกอบการสอนเรื่องที่กำลังศึกษาอยู่นี้เป็นปูพื้นฐานเพื่อไปทำความเข้าใจกับสิ่งที่จะได้ศึกษาต่อในอีก 2 ตอน คุณครูควรศึกษาสื่อเรื่องนี้ให้เข้าใจ สามารถนำสื่อเรื่องนี้ไปใช้ประกอบการสอนในชั้นเรียนได้ ควรชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจและเกิดมโนภาพว่าวัฏจักรเซลล์ไม่ได้จบเพียงรอบเดียวดังแสดงในภาพ เซลล์ผลลัพธ์แต่ละเซลล์จะเข้าสู่วัฏจักรเซลล์รอบใหม่ต่อไป

จากนั้นคุณครูให้นักเรียนอภิปราย โดยใช้แนวคำถามและมีแนวทางในการตอบดังนี้

1. คำถาม ในเนื้อเยื่อที่กำลังมีกิจกรรมการแบ่งเซลล์เกิดขึ้นมาก แต่ละรอบของวัฏจักรเซลล์ใช้เวลาสั้นหรือยาว ซึ่งต่างจากเนื้อเยื่อที่มีกิจกรรมการแบ่งเซลล์เกิดขึ้นไม่มาก เช่น เนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตตัวเต็มวัยที่แต่ละรอบของวัฏจักรเซลล์ใช้เวลานานกว่า ช่วงย่อยใดของ interphase ที่สามารถมีระยะเวลาแตกต่างกันได้.

ตอบ ช่วง G_1 เป็นช่วงที่มีเวลาแตกต่างกันตามลักษณะของเนื้อเยื่อ และช่วงระยะของการเจริญว่ายังเป็น embryo หรือ ตัวอ่อน (larva) หรือ เป็นตัวเต็มวัยแล้ว ส่วนระยะเวลาที่ใช้ช่วง S และ G_2 ของเนื้อเยื่อแต่ละชนิดค่อนข้างคงที่

2. คำถาม DNA โมเลกุลใหม่ 2 โมเลกุลที่ได้ภายหลังช่วง S เหมือนกันทุกประการ และยังเหมือนกับโมเลกุลเดิมที่เป็นแม่พิมพ์ด้วยเพราะเหตุใด

ตอบ การจำลอง DNA ใช้ DNA โมเลกุลเดิมจากช่วง G_1 เป็นแม่พิมพ์ DNA จากช่วง G_1 ที่เป็นสายเกลียวคู่เกิดการแยกสายเป็นสายเดี่ยว แต่ละสายเป็นแม่พิมพ์ในการสังเคราะห์

DNA โมเลกุลใหม่ และการจับกันอย่างจำเพาะเจาะจงของเบสคู่สม A-T, G-C เป็นปัจจัยที่ทำให้ได้ DNA 2 โมเลกุลใหม่ที่เหมือนกันทุกประการและเหมือนกับ DNA โมเลกุลเริ่มต้นด้วย (คุณครูสามารถอธิบายโดยใช้ภาพการจำลอง DNA ประกอบ) และส่งผลให้ปริมาณ DNA ในช่วง G_2 เป็น 2 เท่าของช่วง G_1



*** (ในช่วงนี้แสดงเป็นภาพรวมของปริมาณ DNA ที่แตกต่างกันในช่วง G_1 กับ G_2 เท่านั้น ไม่ควรนำไปตีความเป็นมีโครโมโซมเป็นอย่างไรเพราะจะทำให้เกิดความสับสนได้อย่างมาก)***

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากได้รับฟังจากนักเรียนมาหลายครั้งว่า ในช่วง interphase เซลล์เตรียมพร้อมเพื่อจะแบ่งเซลล์ในรอบต่อไป จึงขอชี้แจงว่าสำหรับเซลล์ที่ยังสามารถแบ่งเซลล์ได้นั้น ช่วง G_1 เป็นช่วงที่เซลล์ทำหน้าที่ของเซลล์แต่ละชนิดผลิตโมเลกุลต่างๆตามชนิดของเซลล์และทำให้เซลล์เกิดการเติบโต เซลล์จะเตรียมพร้อมอย่างแท้จริงสำหรับการแบ่งเซลล์เมื่ออยู่ในช่วง S และ G_2



ภาคผนวก

ก. คำอธิบายศัพท์

การจำลอง DNA แบบกึ่งอนุรักษ์ semi-conservative DNA replication การเติบโต (growth)	กระบวนการสังเคราะห์ DNA ที่ทำให้ได้ DNA ใหม่ 2 โมเลกุลที่เหมือนกันทุกประการ การมีขนาดตัว มวล หรือน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น จากเดิม
ตัวเต็มวัย (adult) เบสคู่สม (complementary base pairs)	สัตว์ที่มีการเจริญเต็มที่พร้อมสืบพันธุ์ได้ เบสของกรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิกที่สามารถ สร้างพันธะไฮโดรเจนจับกันได้อย่างจำเพาะ เจาะจงเป็นคู่ๆ
วัฏจักรเซลล์ (cell cycle)	วงจรที่เซลล์มีกิจกรรมสลับระหว่างช่วงที่เซลล์ การแบ่งเซลล์กับช่วงที่เซลล์ไม่มีกิจกรรมการ แบ่งเซลล์
Division phase	ช่วงระยะเวลาในวัฏจักรเซลล์ที่เกิดกิจกรรม การแบ่งเซลล์
Embryo	ระยะการเจริญเริ่มจากหลังการปฏิสนธิไป จนกระทั่งฟักออกจากไข่
Interphase	ช่วงระยะเวลาในวัฏจักรเซลล์ที่เซลล์ไม่มี กิจกรรมการแบ่งเซลล์
Meiosis	การแบ่งนิวเคลียสแบบที่ทำให้ได้นิวเคลียสใหม่ ที่แตกต่างกันและแตกต่างจากนิวเคลียสเริ่มต้น
Mitosis	การแบ่งนิวเคลียสแบบที่ทำให้ได้นิวเคลียสใหม่ เหมือนกันและเหมือนกับนิวเคลียสเริ่มต้น
Zygote	เซลล์ที่ได้จากการปฏิสนธิระหว่างอสุจิกับไข่



ข. แหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม

1. Reece, J.B., Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V. and Jackson, R.B. 2011. Campbell Biology 9th Edition., Pearson, USA.
2. Postlethwait, J.H., Hopson, J.L and Veres, R.C 1991. Biology : Bringing Science to Life. McGraw Hill, Inc., New York.



รายชื่อสื่อการสอนวิชาชีววิทยาจำนวนทั้งหมด 92 ตอน

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



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



ตอน ที่	ชื่อตอน	อาจารย์ผู้จัดทำสื่อ
42	ปฏิกิริยาแสง (Light reaction)	รศ.ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์
43	ปฏิกิริยาคาร์บอน (carbon reaction) – Calvin cycle	ผศ.ดร.บุญธิดา โฆษิตทรัพย์
44	กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C ₄	ผศ.ดร.บุญธิดา โฆษิตทรัพย์
45	กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช CAM	ผศ.ดร.บุญธิดา โฆษิตทรัพย์
46	ปัจจัยจำกัดในการสังเคราะห์ด้วยแสง	รศ.ดร.ปรีดา บุญ-หลง
47	โครงสร้างของดอก (Structure of Flower)	ผศ.ดร.ต่อศักดิ์ สีลนันทน์
48	การปฏิสนธิในพืชดอก	ผศ.ดร.ชุมพล คุณวาสี
49	การเกิดและโครงสร้างผล	อ.ดร.สร้อยนภา ญาณวัฒน์
50	การงอกของเมล็ด	รศ.นันทนา อังกินันท์
51	การวัดการเจริญเติบโตของพืช	อ.ดร.อัญชลี ใจดี
52	ออกซิน	ผศ.ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ
53	การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในการเกษตร	ผศ.พัชรา ลิ้มปะนะเวช
54	การเคลื่อนไหวของพืช	ผศ.ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ
55	ความน่าจะเป็นและกฎแห่งการแยก	ผศ. เรืองวิทย์ บรรจงรัตน์
56	กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ	ผศ. เรืองวิทย์ บรรจงรัตน์
57	มัลติเปิลแอลลีล (Multiple alleles)	อ.ดร.วรลักษณ์ เกษตรานันท์
58	พอลิยีน (Polygene)	อ.ดร.วรลักษณ์ เกษตรานันท์
59	โครงสร้างของดีเอ็นเอ (DNA structure)	อ.ดร.เพลินพิศ โชคชัยชำนาญกิจ
60	โครงสร้างของโครโมโซม (Chromosome structure)	อ.ดร.เพลินพิศ โชคชัยชำนาญกิจ
61	การถอดรหัส (Transcription)	อ.ดร.ธนะกาญจน์ มัญชุพานี
62	การแปลรหัส (Translation)	อ.ดร.ธนะกาญจน์ มัญชุพานี
63	แนะนำพันธุวิศวกรรม	อ.ดร.ปฐมวดี ญาณทัศน์ย์จิต



ตอน ที่	ชื่อตอน	อาจารย์ผู้จัดทำสื่อ
64	ขั้นตอนของพันธุวิศวกรรม	อ.ดร.ปฐมวดี ญาณทัศน์ย์จิต
65	สิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรม (Genetically modified organisms: GMOs)	อ.ดร.รัชนิกร ธรรมโชติ
66	ชาร์ล ดาร์วิน คือใคร	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
67	หลักฐานการเกิดวิวัฒนาการ	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
68	ทฤษฎีวิวัฒนาการของดาร์วิน	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
69	วิวัฒนาการของเชื้อดื้อยา	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
70	วิวัฒนาการของมนุษย์	ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์
71	อาณาจักรมอเนอรา	ผศ.ดร.รสริน พลวัฒน์
72	อาณาจักรโพรทิสตา	ผศ.ดร.รสริน พลวัฒน์
73	อาณาจักรฟังไจ	ผศ.ดร.จิตรตรา เพ็ญเกียรติ
74	ความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	ผศ.ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร
75	ความหลากหลายของสัตว์มีกระดูกสันหลัง	รศ.วีณา เมฆวิชัย
76	กลไกของพฤติกรรม	รศ.ดร.อุษณีย์ ยศยิ่งยวด
77	พฤติกรรมการเรียนรู้แบบต่าง ๆ	รศ.ดร.อุษณีย์ ยศยิ่งยวด
78	การสื่อสารระหว่างสัตว์	รศ.ดร.อุษณีย์ ยศยิ่งยวด
79	แนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ	ผศ.ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร
80	ไบโอมบ่นก	ผศ.ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร
81	การสำรวจระบบนิเวศบ่นก	ผศ.ดร.อาจอง ประทัดสุนทรสาร
82	ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับปัจจัยทางกายภาพ	ผศ.ดร.วิเชษฐ คุนชัย
83	ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ในระบบนิเวศ	ผศ.ดร.วิเชษฐ คุนชัย
84	โซ่อาหารและใยอาหาร	ผศ.ดร.วิเชษฐ คุนชัย
85	วัฏจักรสาร	ผศ.ดร.วิเชษฐ คุนชัย
86	ความหมายของคำว่าประชากร(population) และประวัติการศึกษาประชากร	รศ.ดร.กำธร ธีรคุปต์



ตอน ที่	ชื่อตอน	อาจารย์ผู้จัดทำสื่อ
87	วิธีการหาค่าความหนาแน่นของประชากรโดยวิธีการสุ่ม ตัวอย่างแบบวางแปลง (quadrat sampling method)	อ.ดร.ธงชัย งามประเสริฐวงศ์
88	การเพิ่มขนาดของประชากร (population growth)	อ.ดร.ธงชัย งามประเสริฐวงศ์
89	โครงสร้างอายุ (age structure) ของประชากร	อ.ดร.ธงชัย งามประเสริฐวงศ์
90	ประเภทของทรัพยากร	อ.ดร.พงษ์ชัย ดำรงโรจน์วัฒนา
91	ปัญหาที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	อ.ดร.พงษ์ชัย ดำรงโรจน์วัฒนา
92	หลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ	อ.ดร.พงษ์ชัย ดำรงโรจน์วัฒนา