

## บทที่ 2

### เซลล์และการแบ่งเซลล์

จุดประสงค์การเรียนรู้เมื่ออ่านบทที่ 2 จบแล้ว นักศึกษาสามารถ

1. สามารถอธิบายประวัติการศึกษาด้านเซลล์ของสิ่งมีชีวิตได้
2. อธิบายโครงสร้างของเซลล์และองค์ประกอบภายในเซลล์ได้
3. สามารถอธิบายหน้าที่ของออร์แกเนลล์แต่ละชนิดได้
4. สามารถจำแนกการลำเลียงสารเข้าออกจากเซลล์ได้
5. อธิบายความแตกต่างของการแบ่งเซลล์ร่างกายและการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้
6. สามารถอธิบายข้อแตกต่างระหว่างเนื้อเยื่อพืชและสัตว์ได้
7. สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตได้
8. บอกสาเหตุที่ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ในสิ่งมีชีวิตได้

เนื้อหาในบทที่ 2 ประกอบด้วย

1. บทนำ
2. ประวัติการศึกษาเซลล์
3. ขนาดและรูปร่างของเซลล์
4. การลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์
5. การแบ่งเซลล์
6. เนื้อเยื่อพืชและเนื้อเยื่อสัตว์
7. การกลายพันธุ์
8. การเปลี่ยนแปลงระดับของโครโมโซม
9. บทสรุป
10. แบบประเมินผลท้ายบท
11. เฉลยแบบประเมินผลท้ายบท

## 2.1 บทนำ

เซลล์คือหน่วยโครงสร้างพื้นฐานที่มีชีวิตที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต โดยเซลล์แต่ละชนิดจะมีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันมาก ดังนั้นสิ่งมีชีวิตทุกชนิดจึงประกอบด้วยเซลล์และผลผลิตที่มาจากเซลล์

## 2.2 ประวัติการศึกษาเซลล์

ปี ค.ศ. 1665 รอเบิร์ต ฮุก นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้ประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์ที่มีคุณภาพดี และได้ส่องดูไม้คอร์กที่เจือบางๆ และได้พบช่องเล็กๆ จำนวนมาก จึงเรียกช่องเล็กๆ นี้ว่า เซลล์ (cell) เซลล์ที่ฮุกพบนั้นเป็นเซลล์ที่ตายแล้ว การที่คงเป็นช่องอยู่ได้ก็เนื่องจากการมีผนังเซลล์นั่นเอง

ปี ค.ศ. 1824 ดิวโทเชท ได้ศึกษาเนื้อเยื่อพืชและเนื้อเยื่อสัตว์ พบว่าประกอบด้วยเซลล์เช่นกัน แต่มีลักษณะที่แตกต่างกันอยู่บ้าง

ปี ค.ศ. 1831 รอเบิร์ต บราวน์ นักพฤกษศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้ศึกษาเซลล์ขนและเซลล์อื่นๆ ของพืช พบว่ามีก้อนกลมขนาดเล็กอยู่ตรงกลาง จึงให้ชื่อก้อนกลมนี้ว่า นิวเคลียส (nucleus)

ปี ค.ศ. 1838 มัททิส ยาคอบ ชไลเดน นักพฤกษศาสตร์ชาวเยอรมันได้ศึกษาเนื้อเยื่อพืชต่างๆ และสรุปว่าเนื้อเยื่อทุกชนิดประกอบด้วยเซลล์

ปี ค.ศ. 1839 เทโอดอร์ ชวันน์ นักสัตววิทยาชาวเยอรมัน ได้ศึกษาเนื้อเยื่อสัตว์ต่างๆ แล้วสรุปว่าเนื้อเยื่อสัตว์ทุกชนิดประกอบขึ้นด้วยเซลล์ ดังนั้น ในปีเดียวกันนี้ ชวันน์และชไลเดน จึงได้ร่วมกันตั้งทฤษฎีเซลล์ (cell theory) ซึ่งมีใจความสำคัญว่า สิ่งมีชีวิตทั้งหลายประกอบขึ้นด้วยเซลล์ และเซลล์คือหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด

ทฤษฎีเซลล์ในปัจจุบันครอบคลุมถึงใจความสำคัญ 3 ประการ คือ

1. สิ่งมีชีวิตทั้งหลายอาจมีเพียงเซลล์เดียว หรือหลายเซลล์ ซึ่งภายในมีสารพันธุกรรมและมีกระบวนการเมแทบอลิซึม ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้

2. เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต ที่มีการจัดระบบการทำงานภายในโครงสร้างของเซลล์

3. เซลล์มีกำเนิดมาจากเซลล์แรกเริ่ม เซลล์เกิดจากการแบ่งตัวของเซลล์เดิม แม้ว่าชีวิตแรกเริ่มจะมีวิวัฒนาการมาจากสิ่งไม่มีชีวิต แต่นักชีววิทยายังคงถือว่าการเพิ่มขึ้นของจำนวนเซลล์เป็นผลสืบเนื่องมาจากเซลล์รุ่นก่อน

ปี ค.ศ. 1839 พูร์คินเย นักสัตววิทยา ชาวเชโกสโลวาเกีย ได้ศึกษาไข่และตัวอ่อนของสัตว์ต่างๆ ได้พบว่าภายในมีของเหลวใส เหนียว และอ่อนนุ่ม จึงได้เรียกของเหลวใสนี้ว่า โปรโทพลาซึม (protoplasm)

ปี ค.ศ. 1868 ทอมัส เฮนรี ฮักซลีย์ แพทย์ชาวอังกฤษศึกษาโปรโทพลาซึมและพบว่า โปรโทพลาซึมเป็นรากฐานของชีวิตเนื่องจากปฏิกิริยาต่างๆ ของเซลล์เกิดขึ้นที่โปรโทพลาซึม

ปี ค.ศ. 1880 วัลเทอร์ เฟลมมิง นักชีววิทยาชาวเยอรมันได้ค้นพบว่าภายในนิวเคลียสของเซลล์ต่างๆ มีโครโมโซม

### 2.3 ขนาดและรูปร่างของเซลล์ (ภาพที่ 2.2 & 2.3)

เซลล์ส่วนใหญ่มีขนาดเล็กและไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ส่อง แต่ก็มีเซลล์บางชนิดที่มีขนาดใหญ่ สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน เช่น เซลล์ไข่

รูปร่างของเซลล์แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไปตามชนิด หน้าที่ และตำแหน่งที่อยู่ของเซลล์ ดังนั้นจึงพบเซลล์ที่มีรูปร่างไม่แน่นอน เช่น เซลล์อะมีบา เซลล์เม็ดเลือดขาวบางชนิด

#### ชนิดของเซลล์

เซลล์แบ่งตามลักษณะของนิวเคลียส แบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. เซลล์โพรคาริโอต (prokaryotic cell) เป็นเซลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส นิวเคลียสประกอบด้วย โครโมโซมเพียงเส้นเดียว มีลักษณะเป็นวงแหวน ได้แก่ เซลล์ของพวกแบคทีเรีย และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

2. เซลล์ยูคาริโอต (eukaryotic cell) เป็นเซลล์ที่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส สารพันธุกรรมหรือโครโมโซมบรรจุอยู่ในนิวเคลียส ได้แก่ เซลล์ของสิ่งมีชีวิตทั่วไป เช่นรา โปรโตซัว สาหร่ายอื่นๆ พืช สัตว์

เซลล์โดยทั่วไปถึงแม้จะมีขนาด รูปร่าง และหน้าที่แตกต่างกัน แต่ลักษณะพื้นฐานภายในเซลล์มักไม่แตกต่างกัน นักชีววิทยาได้ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนศึกษาเซลล์ของสิ่งมีชีวิตพบว่า ในไซโทพลาซึมมีโครงสร้างขนาดเล็กที่ทำหน้าที่เฉพาะเรียกว่า ออร์แกเนลล์ (organelle) มีหลายขนาด รูปร่าง จำนวน และหน้าที่ต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเซลล์ซึ่งจะประกอบด้วยโครงสร้างพื้นฐานที่คล้ายคลึงกัน ดังนี้

1. นิวเคลียส (nucleus) เป็นโครงสร้างที่มักพบอยู่กลางเซลล์เมื่อย้อมสีจะติดสีเข้มทึบ มีลักษณะเป็นก้อนทึบแสงเด่นชัดอยู่บริเวณกลางๆ เซลล์โดยทั่วๆ ไปจะมี 1 นิวเคลียส เซลล์พารามีเซียม มี 2 นิวเคลียส นิวเคลียสมีความสำคัญเนื่องจากเป็นที่อยู่ของสารพันธุกรรม จึงมีหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์ โดยทำงานร่วมกับไซโทพลาซึม

สารประกอบทางเคมีของนิวเคลียส ประกอบด้วย

1. ดีออกซีไรโบนิวคลีอิก (deoxyribonucleic acid) หรือ DNA เป็นส่วนประกอบของโครโมโซมนิวเคลียส

2. ไรโบนิวคลีอิก แอซิด (ribonucleic acid) หรือ RNA ซึ่งเป็นส่วนที่พบภายในนิวเคลียสโดยเป็นส่วนประกอบของนิวคลีโอลัส

3. โปรตีน ที่สำคัญคือโปรตีนฮิสโตน (histone) โปรตีนโปรตามีน (protamine) ทำหน้าที่เชื่อมเกาะอยู่กับ DNA ส่วนโปรตีนเอนไซม์ส่วนใหญ่ จะเป็นเอนไซม์ในกระบวนการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก และเมแทบอลิซึมของกรดนิวคลีอิก

โครงสร้างของนิวเคลียส ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. เยื่อหุ้มนิวเคลียส (nuclear membrane) เป็นเยื่อบางๆ 2 ชั้น เรียงซ้อนกัน ที่เยื่อนี้จะมีรู เรียกว่านิวเคลียร์ พอร์ (nuclear pore) หรือ แอนนูลัส (annulus) มากมาย ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของสารต่างๆ ระหว่างไซโทพลาซึมและนิวเคลียส นอกจากนี้เยื่อหุ้มนิวเคลียสยังมีลักษณะเป็นเยื่อเลือกผ่านเช่นเดียวกับเยื่อหุ้มเซลล์

2. โครมาทิน (chromatin) เป็นส่วนของนิวเคลียสที่ย่อมดัดสี เป็นเส้นใยเล็กๆ พันกันเป็นร่างแห ประกอบด้วย โปรตีนหลายชนิด และ DNA มีหน้าที่ควบคุมกิจกรรมต่างๆ ของเซลล์ และควบคุมการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตทั่วไป

3. นิวคลีโอลัส (nucleolus) เป็นส่วนของนิวเคลียสที่มีลักษณะเป็นก้อนอนุภาคหนาทึบ ประกอบด้วย โปรตีน และ RNA โดยโปรตีนเป็นชนิดฟอสโฟโปรตีน (phosphoprotein) และไม่พบโปรตีนฮีสโตนเลย และนิวคลีโอลัสมีหน้าที่ในการสังเคราะห์ RNA ชนิดต่างๆ ดังนั้นนิวคลีโอลัสจึงมีความสำคัญต่อการสร้างโปรตีนเป็นอย่างมาก เนื่องจากไรโบโซมทำหน้าที่สร้างโปรตีน

2. ไซโทพลาซึม (cytoplasm) เป็นส่วนที่ล้อมรอบนิวเคลียสอยู่ภายในเยื่อหุ้มเซลล์ โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ

1. เอกโทพลาซึม (ectoplasm) เป็นส่วนของไซโทพลาซึมที่อยู่ด้านนอกติดกับเยื่อหุ้มเซลล์ มีลักษณะบางใส เพราะมีส่วนประกอบต่างๆ ของเซลล์อยู่น้อย

2. เอนโดพลาซึม (endoplasm) เป็นชั้นของไซโทพลาซึมที่อยู่ด้านในใกล้นิวเคลียส ชั้นนี้จะมีลักษณะที่เข้มข้นกว่าเนื่องจากมี ออร์แกเนลล์ (organelle) และอนุภาคต่างๆ ของสารอยู่มาก จึงเป็นบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ของเซลล์มากด้วย

ไซโทพลาซึม นอกจากแบ่งออกเป็น 2 ชั้น แล้วยังมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ

ก. ออร์แกเนลล์ (organelle) เป็นส่วนที่มีชีวิต ทำหน้าที่คล้ายๆ กับเป็นอวัยวะของเซลล์

ออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้ม (membrane bounded organelle)

1. ไมโทคอนเดรีย (mitochondria) ส่วนใหญ่จะมีรูปร่างกลม ท่อนสั้น ท่อนยาว หรือกลมรีคล้ายรูปไข่ ประกอบด้วยสารโปรตีน ประมาณร้อยละ 60-65 และลิพิดประมาณร้อยละ 35-40 ภายในไมโทคอนเดรียมีของเหลว ซึ่งประกอบด้วยสารหลายชนิดเรียกว่า

มาทริกซ์ (matrix) มีเอนไซม์ที่สำคัญในการสร้างพลังงานจากการหายใจ นอกจากนี้ยังพบเอนไซม์ในการสังเคราะห์ DNA สังเคราะห์ RNA และโปรตีนด้วยหน้าที่ของไมโทคอนเดรีย คือ เป็นแหล่งสร้างพลังงานของเซลล์โดยการหายใจ

2. เอนโดพลาสมิก เรติคูลัม (endoplasmic reticulum:ER) เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมเป็นออร์แกเนลล์ที่มีเมมเบรนห่อหุ้ม

ประกอบด้วยโครงสร้างระบบท่อที่มีการเชื่อมประสานกันทั้งเซลล์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

2.1 เอนโดพลาสมิก เรติคูลัมชนิดขรุขระ (rough endoplasmic reticulum:RER) เป็นชนิดที่มีไรโบโซม มีหน้าที่สำคัญคือ การสังเคราะห์โปรตีนของไรโบโซมที่เกาะอยู่โดยรอบ และลำเลียงสารซึ่งได้แก่โปรตีนที่สร้างได้ และสารอื่นๆ

2.2 เอนโดพลาสมิก เรติคูลัมชนิดเรียบ (smooth endoplasmic reticulum:SER) เป็นชนิดที่ไม่มีไรโบโซม มีหน้าที่สำคัญคือ ลำเลียงสารต่างๆ เช่น RNA ลิพิดโปรตีนและมีการสังเคราะห์สารพวกไขมันและสเตอรอยด์ฮอร์โมน

3. กอลจิ บอดี (Golgi body) มีรูปร่างลักษณะเป็นถุงแบนๆ หรือเป็นท่อเรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ มีหน้าที่สำคัญคือ เก็บสะสมสารที่เซลล์สร้างขึ้นก่อนที่จะปล่อยออกนอกเซลล์ ซึ่งสารส่วนใหญ่เป็นสารโปรตีน นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับการสร้างนีมาโทซิสหรือเข็มพิษ (nematocyst) ของไฮดราอีกด้วย

4. ไลโซโซม (lysosome) เป็นออร์แกเนลล์ที่มีเมมเบรนห่อหุ้มเพียงชั้นเดียว รูปร่างกลมรี พบเฉพาะในเซลล์สัตว์เท่านั้น มีหน้าที่ที่สำคัญคือ

4.1 ย่อยสลายอนุภาคและโมเลกุลของสารอาหารภายในเซลล์

4.2 ย่อยหรือทำลายเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมต่างๆ ที่เข้าสู่ร่างกายหรือเซลล์

4.3 ทำลายเซลล์ที่ตายแล้ว

4.4 ย่อยสลายโครงสร้างต่างๆ ของเซลล์ในระยะที่เซลล์มีการเปลี่ยนแปลง

5. แวกิวโอล (vacuole) แวกิวโอลเป็นออร์แกเนลล์ที่มีลักษณะเป็นถุง โดยทั่วไปจะพบในเซลล์พืชและสัตว์ชั้นต่ำ แบ่งเป็น 3 ชนิดคือ

5.1 ลิวโคพลาสต์ (leucoplast) เป็นพลาสติดที่ไม่มีสี

5.2 โครโมพลาสต์ (chromoplast) เป็นพลาสติดที่มีรงควัตถุสีอื่นๆ นอกจากสีเขียว

5.4 คลอโรพลาสต์ (chloroplast) เป็นพลาสติดที่มีสีเขียว ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสาร



คลอโรพิลล์ ภายในคลอโรพลาสต์ประกอบด้วยส่วนที่เป็นของเหลว ซึ่ง เรียกว่า สโตรมา (stroma) มีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง มี DNA, RNA และไรโบโซม และเอนไซม์อีกหลายชนิดปะปนกันอยู่

ออร์แกเนลล์ที่ไม่มีเยื่อหุ้ม (nonmembrane bounded organelle)

1. ไรโบโซม (ribosome) เป็นออร์แกเนลล์ขนาดเล็ก ซึ่งพบได้ในสิ่งมีชีวิตทั่วไป ประกอบด้วยสารเคมี 2 ชนิด คือ กรดไรโบนิวคลีอิก (ribonucleic acid:RNA) กับโปรตีน มีทั้งที่อยู่เป็นอิสระในไซโทพลาซึม และเกาะอยู่บนเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม พวกที่เกาะอยู่ที่เอนโดพลาสมิกเรติคูลัมจะพบมากในเซลล์ดอมที่สร้างเอนไซม์ต่างๆ พลาสมาเซลล์เหล่านี้จะสร้างโปรตีนที่นำไปใช้นอกเซลล์เป็นสำคัญ

2. เซนทริโอล (centriole) มีลักษณะคล้ายท่อทรงกระบอก 2 อันตั้งฉากกัน พบเฉพาะในสัตว์และโพรทิสต์บางชนิด มีหน้าที่เกี่ยวกับการแบ่งเซลล์ เซนทริโอลแต่ละอันจะประกอบด้วยชุดของไมโครทิวบูล (microtubule) ซึ่งเป็นหลอดเล็กๆ มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงสารในเซลล์ ให้ความแข็งแรงแก่เซลล์และโครงสร้างอื่นๆ เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ การเคลื่อนที่ของเซลล์

ข. ไซโทพลาสมิก อินคลูชัน (cytoplasmic inclusion) หมายถึง สารที่ไม่มีชีวิตที่อยู่ในไซโทพลาสมิก เช่น เม็ดแป้ง (starch grain) เม็ดโปรตีน หรือพวกของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึม

3. ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ หมายถึง โครงสร้างที่ห่อหุ้มไซโทพลาซึมของเซลล์ให้คงรูปร่างและแสดงขอบเขตของเซลล์ ได้แก่

1. เยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) เยื่อหุ้มเซลล์มีชื่อเรียกได้หลายอย่าง เช่น พลาสมาเมมเบรน (plasma membrane) ไซโทพลาสมิก เมมเบรน (cytoplasmic membrane) เยื่อหุ้มเซลล์มีความหนาประมาณ 75 อังสตรอม ประกอบด้วยโปรตีนประมาณร้อยละ 60 ลิพิดประมาณร้อยละ 40 การเรียงตัวของโปรตีนและลิพิดจัดเรียงตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อน การเรียงตัวในลักษณะเช่นนี้เรียกว่า ยูนิต เมมเบรน (unit membrane)

เยื่อหุ้มเซลล์มีหน้าที่หลายประการคือ

1. ห่อหุ้มส่วนของโพรโทพลาซึมที่อยู่ข้างในทำให้เซลล์แต่ละเซลล์แยกออกจากกัน

2. ช่วยควบคุมการเข้าออกของสารต่าง ๆ ระหว่างภายในเซลล์และสิ่งแวดล้อม มีคุณสมบัติเป็นเซมิเพอร์มีเอเบิล เมมเบรน (semipermeable membrane) ซึ่งจะยินยอมให้สารบางชนิดเท่านั้นที่ผ่านเข้าออกได้ ซึ่งการผ่านเข้าออกจะมีอัตราเร็วที่แตกต่างกัน

3. ความต่างศักย์ทางไฟฟ้า (electrical potential) ของภายใน และภายนอกเซลล์ เนื่องจากมีการกระจายของไอออนและโปรตีนไม่เท่ากัน ซึ่งมีความสำคัญในการนำสารพวกไอออนเข้าหรือออกจากเซลล์ ซึ่งมีความจำเป็นต่อการทำงานของเซลล์ประสาทและเซลล์กล้ามเนื้อ

4. เยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่รับสัมผัสสาร ทำให้เกิดการเร่งหรือลดการเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์นั้นๆ

## 2. ผนังเซลล์ (cell wall)

ผนังเซลล์ พบได้ในสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิด เช่น เซลล์พืช สาหร่าย แบคทีเรีย และรา ผนังเซลล์ทำหน้าที่ป้องกันและให้ความแข็งแรงแก่เซลล์ โดยที่ผนังเซลล์เป็นส่วนที่ไม่มีชีวิตของเซลล์

ผนังเซลล์พืช ประกอบด้วยชั้นต่างๆ 3 ชั้น คือ

1. ผนังเชื่อมยึดระหว่างเซลล์ (middle lamella) เป็นชั้นที่เกิดขึ้นเมื่อเซลล์พืชแบ่งตัวและเป็นชั้นที่เชื่อมระหว่างเซลล์ให้อยู่ติดกัน

2. ผนังเซลล์ปฐมภูมิ (primary wall) เป็นชั้นที่เกิดขึ้นเมื่อเซลล์ เริ่มเจริญเติบโต ประกอบด้วยสารพวก เซลลูโลส เป็นส่วนใหญ่

3. ผนังเซลล์ทุติยภูมิ (secondary wall) เป็นชั้นที่เกิดขึ้นเมื่อเซลล์หยุดขยายขนาดแล้ว โดยมีสารพวก เซลลูโลส คิวทิน ซูเบอร์ิน ลิกนิน และเพกทินมาเกาะ

เซลล์จะดำรงอยู่ได้จะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบและออร์แกเนลล์ต่างๆ ที่ทำหน้าที่แตกต่างกัน นอกจากนี้แล้วเซลล์จะดำรงชีวิตอยู่ได้ยังขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมของเซลล์ที่เหมาะสมอีกด้วย ถ้าสภาวะแวดล้อมภายนอกเปลี่ยนแปลงจะมีผลต่อเมแทบอลิซึมของเซลล์ สภาวะแวดล้อมภายนอกและสภาวะแวดล้อมภายในเซลล์ถูกแบ่งแยกจากกันโดยเยื่อหุ้มเซลล์ ตลอดเวลาที่เซลล์ยังมีชีวิตอยู่จะมีการลำเลียงสารเข้าออกจากเซลล์ตลอดเวลา แต่เนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์มีสมบัติในการเลือกที่จะให้สารบางชนิดเคลื่อนผ่านสมบัติดังกล่าวทำให้เยื่อหุ้มเซลล์มีบทบาทสำคัญในการควบคุมองค์ประกอบทางเคมี หรือ



สภาวะแวดล้อมภายในเซลล์นักชีววิทยาได้ศึกษาการลำเลียงสารเข้าสู่เซลล์ พบว่ามี 2 รูปแบบด้วยกัน คือ

## 2.4 การลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์

การลำเลียงแบบไม่ใช้พลังงาน

### การแพร่ (diffusion)

1. การแพร่แบบธรรมดา เป็นการเคลื่อนที่ของโมเลกุลจากจุดที่มีความเข้มข้นสูงกว่า ไปยังจุดที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า การเคลื่อนที่นี้เป็นไปในลักษณะทุกทิศทุกทาง โดยไม่มีทิศทางที่แน่นอน ตัวอย่างการแพร่ที่พบได้เสมอคือ การแพร่ของเกลือในน้ำ การแพร่ของน้ำหอมในอากาศ

การแพร่เกิดจากพลังงานจลน์ (kinetic energy) ของโมเลกุลหรือไอออนของสาร บริเวณที่มีความเข้มข้นมากโมเลกุลหรือไอออนก็มีโอกาสชนกันมากทำให้โมเลกุลของสารกระจายไปยังบริเวณอื่น ๆ ที่มีความเข้มข้นของโมเลกุลหรือไอออนเท่ากัน จึงเรียกว่า สภาวะสมดุลของการแพร่ (diffusion equilibrium)

### ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่

1. อุณหภูมิ ในขณะที่อุณหภูมิสูง โมเลกุลของสารจะมีพลังงานจลน์มากขึ้น ทำให้โมเลกุลเหล่านี้เคลื่อนที่ได้เร็วกว่า เมื่ออุณหภูมิต่ำ การแพร่จึงเกิดขึ้นได้เร็ว
2. ความแตกต่างของความเข้มข้น ถ้าหากมีความเข้มข้นของสาร 2 บริเวณแตกต่างกันมาก จะทำให้การแพร่เกิดขึ้นได้เร็วขึ้นด้วย
3. ขนาดของโมเลกุลสาร สารที่มีขนาดโมเลกุลเล็กจะเกิดการแพร่ได้เร็วกว่าสารโมเลกุลใหญ่
4. ความเข้มข้นและชนิดของสารตัวกลาง สารตัวกลางที่มีความเข้มข้นมากจะมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของตัวกลางมาก ทำให้โมเลกุลของสารเคลื่อนที่ไปได้ยาก แต่ถ้าหากสารตัวกลางมีความเข้มข้นน้อย โมเลกุลของสารก็จะเคลื่อนที่ได้ดีทำให้การแพร่เกิดขึ้นเร็วด้วย

2. ออสโมซิส (osmosis) เป็นการแพร่ของของเหลวผ่านเยื่อบาง ๆ ซึ่งตามปกติจะหมายถึงการแพร่ของน้ำผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ เนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์มีคุณสมบัติในการยอมให้

สารบางชนิดเท่านั้นผ่านได้ การแพร่ของน้ำจะแพร่จากบริเวณที่เจือจางกว่า (มีน้ำมาก) ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นกว่า (มีน้ำน้อย) ตามปกติการแพร่ของน้ำนี้จะเกิดทั้งสองทิศทางคือทั้งบริเวณเจือจาง และบริเวณเข้มข้น จึงมักกล่าวกันสั้นๆ ว่า ออสโมซิสเป็นการแพร่ของน้ำจากบริเวณที่มีน้ำมาก เข้าไปสู่บริเวณที่มีน้ำน้อยกว่าโดยผ่านเยื่อหุ้มเซลล์

แรงดันออสโมติก เกิดจากการแพร่ของน้ำจากบริเวณที่มีน้ำมาก (เจือจาง) เข้าสู่บริเวณที่มีน้ำน้อย (เข้มข้น)

สารละลายที่มีความเข้มข้นต่างกัน จะมีผลต่อเซลล์แตกต่างกันด้วย จึงทำให้แบ่งสารละลายที่อยู่นอกเซลล์ออกได้เป็น 3 ชนิด (ภาพที่ 2.4) ตามการเปลี่ยนแปลงของเซลล์เมื่ออยู่ภายในสารละลายนั้น คือ

1) ไฮโปโทนิก โซลูชัน (hypotonic solution) หมายถึง สารละลายนอกเซลล์ที่มีความเข้มข้นน้อยกว่าเซลล์ ดังนั้นเมื่อใส่เซลล์ลงในสารละลายชนิดนี้ จะทำให้เซลล์ขยายขนาดเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำภายในสารละลายแพร่เข้าสู่เซลล์มากกว่าน้ำภายในเซลล์แพร่ออกนอกเซลล์

2) ไอโซโทนิก โซลูชัน (isotonic solution) หมายถึง สารละลายนอกเซลล์ที่มีความเข้มข้นเท่ากับเซลล์ ดังนั้นเมื่อใส่เซลล์ลงในสารละลายชนิดนี้ขนาดของเซลล์จะไม่เปลี่ยนแปลง

3) ไฮเพอร์โทนิก โซลูชัน (hypertonic solution) หมายถึง สารละลายนอกเซลล์ที่มีความเข้มข้นมากกว่าเซลล์ ดังนั้นเมื่อใส่เซลล์ลงในสารละลายชนิดนี้จะทำให้เซลล์เหี่ยวลดขนาดลง

ออสโมซิสที่เกิดจากสารละลายไฮโปโทนิกนอกเซลล์ ทำให้น้ำผ่านเข้าไปในเซลล์ และเซลล์เต่งขึ้นหรือเซลล์แตก เรียกว่า เอนโดสโมซิส (endosmosis) หรือพลาสโมพทิสซิส (plasmoptysis) สำหรับออสโมซิสที่เกิดจากสารละลายไฮเพอร์โทนิกนอกเซลล์แล้ว ทำให้น้ำผ่านออกนอกเซลล์ทำให้เซลล์เหี่ยว เรียกว่า เอกโซสโมซิส (exosmosis) หรือพลาสโมไลซิส

*การแพร่แบบฟาซิลิเทต (facilitated diffusion)*

เป็นการเคลื่อนที่ของสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ โดยอาศัยเกาะไปกับโปรตีนที่เป็นโปรตีนที่เป็นตัวพา (carrier) ที่อยู่ที่เยื่อหุ้มเซลล์ โดยไม่มีการใช้พลังงานจากเซลล์

การลำเลียงแบบใช้พลังงาน (active transport)

เป็นการเคลื่อนที่ของสารโดยใช้พลังงานเข้าช่วย เกิดขึ้นเฉพาะในเซลล์ที่ยังมีชีวิตอยู่เท่านั้น เป็นการลำเลียงสารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นน้อยไปสู่ความเข้มข้นมาก การขนส่งลักษณะนี้เซลล์ต้องนำพลังงานที่ได้จากการสลายสารอาหารมาใช้

การลำเลียงแบบใช้พลังงาน อาศัยโปรตีนที่แทรกอยู่ในเยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่เป็นตัวลำเลียง โดยเซลล์ต้องใช้พลังงานที่ได้จากการสลายพันธะของสารที่มีพลังงานสูงบางชนิด เช่น ATP เพื่อเป็นแรงผลักดันในการลำเลียง ซึ่งมีทิศทางตรงข้ามกับการแพร่ ตัวอย่างการเคลื่อนที่ของสารโดยใช้พลังงานได้แก่ โซเดียม โพแทสเซียม ปั๊ม (sodium potassium pump) การดูดซึมอาหาร การดูดกลับของสารที่หลอดไต

## 2. การลำเลียงสารโดยไม่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์

ในกรณีที่มีการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าหรือออกจากเซลล์ ซึ่งสารโมเลกุลใหญ่เหล่านี้ไม่สามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์หรือโปรตีนในเยื่อหุ้มเซลล์ได้โดยตรง เซลล์สามารถลำเลียงสารเหล่านี้ได้ด้วยกลไกการลำเลียง โดยการสร้างเวสิเคิลจากเยื่อหุ้มเซลล์หรือออร์แกเนลล์ โดยเยื่อหุ้มเซลล์มีสมบัติสามารถรวมตัวกับเยื่อหุ้มออร์แกเนลล์ หรือแยกตัวออกเพื่อสร้างเวสิเคิล สมบัติดังกล่าวนี้เอง ทำให้เซลล์สามารถใช้เยื่อหุ้มเซลล์ล้อมรอบสารโมเลกุลใหญ่ได้ การลำเลียงแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. เอกโซไซโทซิส (exocytosis) เป็นการลำเลียงสารโมเลกุลขนาดใหญ่ออกจากเซลล์ สารที่จะถูกส่งออกไปนอกเซลล์บรรจุอยู่ในเวสิเคิล เมื่อเวสิเคิลรวมตัวกับเยื่อหุ้มเซลล์ สารที่อยู่ภายในเวสิเคิลก็就会被ปล่อยออกไปนอกเซลล์ โดยวิธีนี้พบได้ในหลายโอกาส เช่น การหลั่งเอนไซม์จากเยื่อบุผนังกระเพาะอาหาร การกำจัดของเสียที่ย่อยไม่ได้ออกจากเซลล์

2. เอนโดไซโทซิส (endocytosis) เป็นการลำเลียงสารตรงกันข้ามกับเอกโซไซโทซิส กล่าวคือ เป็นการลำเลียงสารขนาดใหญ่เข้าสู่เซลล์ แบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ

2.1 ฟาโกไซโทซิส (phagocytosis) เป็นการลำเลียงสารเข้าสู่เซลล์ที่พบได้ในเซลล์จำพวกอะมีบาและเซลล์เม็ดเลือดขาว โดยเซลล์สามารถยื่นไซโทพลาซึมออกมาล้อมอนุภาคของสารที่มีขนาดใหญ่ที่เป็นของแข็ง ก่อนที่จะนำเข้าสู่เซลล์ในรูปของเวสิเคิล

เรียกอีกอย่างว่า การกินของเซลล์ (cell eating)

2.2 พิโนไซโทซิส (pinocytosis) เป็นการนำอนุภาคของสารที่อยู่ในรูปของสารละลายเข้าสู่เซลล์ โดยการทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เว้าเข้าไปในไซโทพลาซึมที่ละน้อยจนกลายเป็นถุงเล็กๆ เมื่อเยื่อหุ้มเซลล์ปิดสนิทถุงนี้จะหลุดเข้าไปกลายเป็นเวสิเคิลอยู่ในไซโทพลาซึม เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การดื่มของเซลล์ (cell drinking)

2.3 การนำสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยตัวรับ (receptor-mediated endocytosis) เป็นการลำเลียงสารเข้าสู่เซลล์ ที่เกิดขึ้นโดยมีโปรตีนตัวรับบนเยื่อหุ้มเซลล์ สารที่ถูกลำเลียงเข้าสู่เซลล์ด้วยวิธีนี้จะต้องมีความจำเพาะในการจับกับโปรตีนตัวรับ ที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์จึงจะสามารถนำเข้าสู่เซลล์ได้ หลังจากนั้น เยื่อหุ้มเซลล์จึงเว้าเป็นเวสิเคิลหลุดเข้าสู่ภายในเซลล์

## 2.5 การแบ่งเซลล์ (Cell Division)

การแบ่งเซลล์เป็นการเพิ่มจำนวนเซลล์ ผลของการแบ่งเซลล์ทำให้เซลล์มีขนาดเล็กลง ทำให้สิ่งมีชีวิตชนิดนั้นเจริญเติบโต เซลล์โพรคาริโอต เช่น เซลล์แบคทีเรียมีการแบ่งเซลล์แบบไบนารีฟิชชัน (binary fission) คือเป็นการแบ่งแยกตัวจาก 1 เป็น 2 เซลล์พวกยูคาริโอต ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การแบ่งนิวเคลียส (karyokinesis) และการแบ่งไซโทพลาซึม (cytokinesis)

การแบ่งนิวเคลียสสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ

1. การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส (mitosis) เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อการสืบพันธุ์ในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว และสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์บางชนิด ในสิ่งมีชีวิตทั่วไป การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจะเกิดขึ้นที่เซลล์ของร่างกาย (somatic cell) ทำให้จำนวนเซลล์ของร่างกายมีจำนวนมากขึ้น สิ่งมีชีวิตนั้นๆ จึงเจริญเติบโตขึ้นการแบ่งเซลล์เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกัน ก่อนที่จะมีการแบ่งเซลล์ เซลล์จะมีการเตรียมตัวให้พร้อมก่อน ระยะเวลาที่เซลล์เตรียมความพร้อมก่อนการแบ่ง จนถึงการแบ่งนิวเคลียสและไซโทพลาซึมจนเสร็จสิ้น เรียกว่า วัฏจักรของเซลล์ (cell cycle) ซึ่งพบเฉพาะการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (ภาพที่ 2.6)

วัฏจักรของเซลล์ประกอบด้วยขั้นตอน 2 ขั้นตอน คือ

1) **ระยะอินเตอร์เฟส (interphase)** เป็นระยะที่เซลล์เตรียมตัวให้พร้อมก่อนที่จะแบ่งนิวเคลียสและไซโทพลาซึม เซลล์ในระยะนี้ มีนิวเคลียสขนาดใหญ่ และเห็นนิวคลีโอลัสชัดเจนเมื่อย้อมสี แบ่งเป็นระยะย่อยได้ 3 ระยะ คือ

- ระยะก่อนสร้าง DNA หรือระยะ G<sub>1</sub>
- ระยะสร้าง DNA หรือระยะเอส
- ระยะหลังสร้าง DNA หรือระยะ G<sub>2</sub>

2) **ระยะที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitotic phase หรือ M phase)** เป็นระยะที่มีการแบ่งนิวเคลียส เกิดขึ้นในช่วงสั้นๆ แล้วตามด้วยการแบ่งของไซโทพลาซึม การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส อาจแบ่งได้เป็น 4 ระยะคือ

- ระยะโพรเฟส (prophase) เป็นระยะที่นิวเคลียสยังมีเยื่อหุ้มอยู่
- ระยะเมทาเฟส (metaphase) เป็นระยะที่เยื่อหุ้มนิวเคลียสสลายตัว
- ระยะแอนาเฟส (anaphase) เป็นระยะที่โครโมโซมแยกกันเป็น 2 กลุ่ม
- ระยะเทโลเฟส (telophase) เกิดการแบ่งของไซโทพลาซึมขึ้น

2. **การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซิส (meiosis)** การแบ่งเซลล์แบบนี้นิวเคลียสมีการเปลี่ยนแปลงโดยลดจำนวนโครโมโซมลงครึ่งหนึ่ง เป็นการแบ่งเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ เซลล์ร่างกายของคน มีโครโมโซมอยู่ 46 โครโมโซม หรือ 23 คู่ แต่ละคู่มีรูปร่างลักษณะเหมือนกัน เรียกโครโมโซมที่เป็นคู่กันว่า ฮอมอโลกัสโครโมโซม (homologous chromosome) และเซลล์ที่มีโครโมโซมเข้าคู่กันได้เรียกว่า เซลล์ดิพลอยด์ (diploid cell) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสนี้ นิวเคลียสมีการเปลี่ยนแปลง 2 รอบรายละเอียดของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (ภาพที่ 2.8 & 2.9 & 2.10) มีดังนี้

ระยะอินเตอร์เฟส I => ระยะไมโอซิส I ประกอบด้วย ระยะโพรเฟส I ระยะเมทาเฟส I ระยะแอนาเฟส I ระยะเทโลเฟส I => ระยะอินเตอร์เฟส II => ระยะไมโอซิส II ประกอบด้วย ระยะโพรเฟส II ระยะเมทาเฟส II ระยะแอนาเฟส II ระยะเทโลเฟส II

**การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis)**

เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ คือ สเปิร์ม(sperm) หรือไข่ (ovum) (ภาพที่ 2.11 & 2.12) ซึ่งเกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ที่มีจำนวนโครโมโซมในเซลล์ของร่างกายเป็นจำนวนคู่ (2n:diploid) โครโมโซมแต่ละแห่งในคู่หนึ่งๆ



จะมีลักษณะรูปร่าง ขนาด ตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ และคุณสมบัติในการติดย้อมสี รวมทั้งโครงสร้างของยีนเหมือนกันทุกประการ เรียกว่า Homologous Chromosome การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะมีการแบ่งนิวเคลียสและไซโทพลาซึมเกิดขึ้น 2 รอบ คือ ไมโอซิส I และไมโอซิส II โดยมีรายละเอียดในการแบ่งเซลล์ดังนี้

ระยะอินเตอร์เฟส I (interphase I) ก่อนที่เซลล์จะแบ่งตัวแบบไมโอซิส เซลล์จะมีการเตรียมตัวให้พร้อม เช่น เกี่ยวกับการแบ่งแบบไมโทซิส

ระยะไมโอซิส I (meiosis I) เป็นการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสของนิวเคลียสและไซโทพลาซึม ในระยะ 1 ประกอบด้วยระยะต่างๆ ดังนี้

1.ระยะโพรเฟส I (prophase I) โครมาทินจะหดตัวสั้นลงและมีขนาดใหญ่ขึ้น เซนโทรโซมเคลื่อนห่างออกจากกันตามความยาวของนิวเคลียส เยื่อหุ้มนิวเคลียสและโครงสร้างนิวคลีโอลัสเริ่มสลายตัว อาจเกิดการไขว้กันของโครมาทิด เรียกว่า crossing over ตำแหน่งที่ไขว้กัน เรียกว่า chiasmata ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนที่อยู่ชิดกัน สารพันธุกรรมจึงเปลี่ยนตามไปด้วย

2.ระยะเมทาเฟส I (metaphase I) เส้นใยสปินเดิลที่ยึดกับซอมอโลกัสโครโมโซม จะจัดโครโมโซมให้มาอยู่ตรงกลางของเซลล์เป็นคู่ๆ โดยมีเซนโทรโซมอยู่คนละขั้วของเซลล์เชื่อมต่อกันด้วยเส้นใยสปินเดิล ปลายหนึ่งของเส้นใยสปินเดิลเกาะที่ไคเนโทคอร์บริเวณเซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซม

3.ระยะแอนาเฟส I (anaphase I) มีการแยกโครโมโซมออกจากกัน โดยแยกโครโมโซมที่เข้าคู่กันออกจากกันไปคนละขั้วของเซลล์ โดยแต่ละโครโมโซมมี 2 โครมาทิด

4.ระยะเทโลเฟส I (telophase I) โครโมโซมจะมีการสร้างเยื่อหุ้มนิวเคลียสขึ้นมาล้อมรอบ ได้นิวเคลียสใหม่ 2 นิวเคลียสและมีการสร้างนิวคลีโอลัสขึ้นมาใหม่ แต่ละโครโมโซมมี 2 โครมาทิด จำนวนโครโมโซมในระยะนี้ลดลงครึ่งหนึ่ง หรือเท่ากับ  $n$  ถ้าเซลล์เริ่มต้นเป็น  $2n$

การแบ่งไซโทพลาซึม สำหรับในรอบที่ 1 นี้ การแบ่งไซโทพลาซึมในเซลล์พืชและเซลล์สัตว์เกิดขึ้นเช่นเดียวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส แต่การแบ่งไซโทพลาซึมในรอบที่ 1 นี้ อาจไม่เกิดขึ้นกับเซลล์ทุกเซลล์



ในรอบที่ 2 ของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis II) ระยะอินเตอร์เฟส II (interphase II) ไม่มีการจำลองตัวเองของโครโมโซมเกิดขึ้น เนื่องจากในการแบ่งรอบที่ 1 โครโมโซมแต่ละโครโมโซมมี 2 โครมาทิดอยู่แล้ว การแบ่งนิวเคลียสในรอบที่ 2 ต่อจากระยะเทโลเฟส I ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงในระยะต่างๆ ได้แก่ โพรเฟส II เมทาเฟส II แอนาเฟส II และเทโลเฟส II ตลอดจนการแบ่งไซโทพลาซึมเกิดขึ้นเช่นเดียวกับการแบ่งแบบไมโทซิส เมื่อสิ้นสุดการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จึงจะได้เซลล์ใหม่ 4 เซลล์ และแต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับครึ่งหนึ่งของเซลล์เดิม

เซลล์เมื่อแบ่งตัวแล้วก็จะเปลี่ยนสภาพไป เพื่อทำหน้าที่เฉพาะอย่าง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสทำให้ได้จำนวนเซลล์เพิ่มมากขึ้น และเป็นผลให้เกิดการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น เกิดกระบวนการต่างๆ 4 กระบวนการคือ

1. การเพิ่มจำนวนเซลล์ (cell multiplication) การเพิ่มจำนวนเซลล์ทำให้ได้เซลล์ใหม่มากขึ้นและมีขนาดเพิ่มขึ้น การจะมีเซลล์มากน้อยแค่ไหนก็แล้วแต่ชนิดของสิ่งมีชีวิตนั้นว่ามีขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่เท่าใด

2. การเติบโต (growth) ในสิ่งมีชีวิตที่เป็นเซลล์เดี่ยว เมื่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิตแบ่งเซลล์ในตอนแรกเซลล์ใหม่ที่ได้จะมีขนาดเล็กกว่าเซลล์เดี่ยว ในเวลาต่อมา เซลล์ใหม่ที่ได้จะสร้างสารต่างๆ เพิ่มมากขึ้น ทำให้อัตราการขยายขนาดเพิ่มขึ้น ในสิ่งมีชีวิตพวกที่เป็นหลายเซลล์ผลจากการเพิ่มจำนวนเซลล์ก็คือการขยายขนาดให้ใหญ่โตขึ้น

3. การเปลี่ยนแปลงของเซลล์ เพื่อไปทำหน้าที่ต่างๆ (cell differentiation) เซลล์จะเปลี่ยนแปลงไปเพื่อไปทำหน้าที่ต่างๆ กัน เช่น เซลล์กล้ามเนื้อทำหน้าที่ในการหดตัวทำให้เกิดการเคลื่อนที่หรือเคลื่อนไหว เซลล์ประสาททำหน้าที่ในการนำกระแสประสาทเกี่ยวกับความรู้สึกและคำสั่งต่างๆ เซลล์ภายในร่างกายของเราจะเริ่มต้นมาจากเซลล์เซลล์เดียวกัน แต่มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อไปทำหน้าที่ต่างๆ กันไปเพื่อให้สิ่งมีชีวิตชนิดนั้นๆ สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อมต่างๆ กันได้

4. การเกิดรูปร่างที่แน่นอน (morphogenesis) การเปลี่ยนแปลงของเซลล์เพื่อไปทำหน้าที่ต่างๆ ขบวนการเหล่านี้จะเกิดขึ้นในระยะเอมบริโออยู่ตลอดเวลา มีการสร้างอวัยวะต่างๆ ขึ้น อัตราเร็วของการสร้างในแต่ละแห่งบนร่างกายจะไม่เท่ากัน ทำให้เกิดรูปร่างของ

สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดขึ้นโดยที่สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีแบบแผนและลักษณะต่าง ๆ เป็นแบบที่เฉพาะตัวและไม่เหมือนกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ

การวัดการเติบโต (*measurement of growth*)

1. การวัดน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น เป็นเกณฑ์ที่สำคัญที่ใช้ในการวัดการเติบโต เพราะการที่น้ำหนักเพิ่มขึ้นได้ ก็เนื่องมาจากเซลล์ของร่างกายเพิ่มมากขึ้น หรือมีการสร้างและสะสมของสารต่าง ๆ ภายในเซลล์และร่างกายมากขึ้น

2. การวัดความสูงที่เพิ่มขึ้น

3. การวัดปริมาตรที่เพิ่มขึ้น

4. การนับจำนวนเซลล์ที่เพิ่มขึ้น การนับจำนวนเซลล์จะใช้กับสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็ก ๆ ได้ เช่น การเพิ่มจำนวนเซลล์ของสาหร่าย

เราได้ทราบมาแล้วว่าสิ่งมีชีวิตมีอายุขัยจำกัด การที่สิ่งมีชีวิตมีอายุขัยจำกัดเนื่องมาจากการชราของเซลล์ ทำให้ร่างกายเสื่อมสภาพในการทำงานและตายในที่สุด นักวิทยาศาสตร์ได้พบว่า ในเซลล์ชราามีบริเวณส่วนปลายของโครโมโซมสั้นลงทุกครั้ง ที่เซลล์มีการแบ่งเซลล์ อาจเป็นไปได้ว่าส่วนนี้ควบคุมการปรับสภาพของเซลล์ เซลล์ชรามีการทำหน้าที่บางอย่างลดน้อยลง เช่น การสังเคราะห์โปรตีนลดลง ความว่องไวในการทำงานจึงต่ำลง

อายุขัยของสิ่งมีชีวิตอาจเกิดจากปัจจัยภายนอก เช่น อนุมูลอิสระ (*free radical*) สารที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ ทำให้ DNA เกิดมิวเทชัน (*mutation*) การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนบางชนิดทำให้สมบัติของเซลล์เปลี่ยนไป จนไม่สามารถปรับตัวให้อยู่รอดในสิ่งแวดล้อมได้

สัตว์และพืชเมื่อแบ่งเซลล์แล้ว เซลล์ที่ได้ใหม่จะมีการรวมกลุ่มกันเป็นเนื้อเยื่อ (*tissue*) ชนิดต่าง ๆ เนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ จะรวมกันเป็นอวัยวะ (*organ*) และอวัยวะก็รวมกันเป็นระบบ (*system*) ระบบแต่ละระบบก็ทำหน้าที่เฉพาะลงไป เช่น ระบบย่อยอาหาร (*digestive system*) ระบบเหล่านี้จะรวมกันและประกอบขึ้นเป็นรูปร่าง หรือร่างกายของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด (*body*)

## 2.6 เนื้อเยื่อของสัตว์ (*animal tissue*) จำแนกออกเป็น

1.1 เนื้อเยื่อบุผิว (*epithelial tissue*) เป็นเนื้อเยื่อที่บุผิวนอกร่างกาย หรือเป็นผิวของ

อวัยวะ หรือช่องว่างภายในร่างกาย โดยเนื้อเยื่อบุผิวจะเรียวตัวอยู่บนเยื่อรองรับฐาน (basement membrane) และผนังด้านบนของเยื่อบุผิว ไม่ติดต่อกับเนื้อเยื่ออื่นๆ ไม่มีเส้นเลือดมาเลี้ยง ได้รับสารอาหาร แก๊สต่างๆ จากการแพร่เยื่อบุผิวเมื่อจำแนกตามรูปร่างและการจัดระเบียบของเซลล์ ได้ดังนี้

1) เยื่อบุผิวเรียงตัวชั้นเดียว (simple epithelium) ประกอบด้วยเซลล์รูปร่าง 3 แบบ คือ เซลล์รูปร่างแบนบาง (simple squamous epithelium) เช่น เยื่อบุข้างแก้ม หรือ เวลล์รูปเหลี่ยมลูกบาศก์ (dimpled cuboidal epithelium) เช่น พบที่ท่อของหลอดไต ทำน้ำดี และเซลล์ทรงสูง (simple columnar epithelium) เช่น พบที่ผนังลำไส้เล็ก ทำน้ำไซ

2) เยื่อบุผิวเรียงตัวหลายชั้น (stratified epithelium) เป็นเนื้อเยื่อบุผิวที่ประกอบด้วยเซลล์เรียงตัวหลายชั้น ได้แก่

1. Stratified squamous epithelium เป็นเนื้อเยื่อบุผิวที่ประกอบด้วยเซลล์ รูปร่างหลายเหลี่ยม แบนบาง เรียงกันหลายชั้น เช่น พบที่ผิวหนัง

2. Stratified cuboidal epithelium ประกอบด้วย เซลล์รูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ เรียงตัวหลายชั้น เช่น พบที่ต่อมเหงื่อ

3. Stratified columnar epithelium ประกอบด้วย เซลล์รูปทรงกระบอกสูง ตั้งอยู่บนเยื่อบุผิวอื่นๆ เช่น พบที่บางบริเวณของเยื่อบุคอหอย

3) เยื่อบุผิวเรียงตัวหลายชั้นเทียม (pseudostratified epithelium) เป็นเนื้อเยื่อบุผิว ที่ประกอบด้วยเซลล์เรียงตัวเพียงชั้นเดียวบนเยื่อฐานรองรับ แต่ระดับความสูงของเซลล์ต่างๆ ไม่เท่ากัน ทำให้เห็นเหมือนกับว่า เซลล์ซ้อนกันหลายชั้น พบที่ผนังหลอดลม

4) เนื้อเยื่อบุผิวเรียงตัวซ้อนกันหลายชั้นแบบยึดหยุ่น (transitional epithelium) เป็นเนื้อเยื่อบุผิว ที่ประกอบด้วยเซลล์เรียงตัวของเซลล์หลายชั้น โดยที่เซลล์สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ระหว่างเป็นแบบ squamous กับ cuboidal cell ขึ้นอยู่กับสภาพของอวัยวะ เช่น พบที่ผนังชั้นในของกระเพาะปัสสาวะ

1.2 เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์หลายชนิด แต่ละชนิดทำหน้าที่แตกต่างกันไป เซลล์อยู่กันอย่างหลวมๆ แต่มีเส้นใยมาประสานกันทำให้เกิดความแข็งแรงยิ่งขึ้น เช่น เนื้อเยื่อไขมัน

1.3 เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (muscular tissue) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของร่างกายและอวัยวะต่างๆ จำแนกตามรูปร่างและโครงสร้าง เป็น 3 ประเภท คือ

1) กล้ามเนื้อลาย หรือกล้ามเนื้อยึดกระดูก (striated muscle หรือ skeletal striated muscle)

2) กล้ามเนื้อเรียบ (smooth muscle)

3) กล้ามเนื้อหัวใจ (cardiac muscle)

1.4 เนื้อเยื่อประสาท (nervous tissue) เป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับสิ่งเร้า การตอบสนองต่อสิ่งเร้า และควบคุมการทำงานของอวัยวะ เนื้อเยื่อประสาทประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ 2 ประเภท คือ เซลล์ประสาท (neuron หรือ nerve cell) และเซลล์ค้ำจุน (glial cell หรือ supporting cell) ซึ่งเป็นเซลล์ทำหน้าที่ช่วยเหลือการทำงานของเซลล์ประสาท เช่น เซลล์ชวานน์ (schwann cell)

2.7 เนื้อเยื่อของพืช (plant tissue) จำแนกเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 เนื้อเยื่อเจริญ (meristem) เป็นเนื้อเยื่อที่แบ่งตัวได้ตลอดเวลา จำแนกตามตำแหน่งได้ 3 ชนิดคือ

1) Apical meristem เป็นเนื้อเยื่อเจริญส่วนปลาย เช่น ปลายยอด ปลายราก ช่วยเพิ่มความสูงของพืช ซึ่งจัดเป็นการเจริญขั้นแรกของพืช (primary growth)

2) Lateral meristem เป็นเนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง ได้แก่ cork cambium ให้กำเนิดคอร์ก (cork) และ vascular cambium ให้กำเนิดโฟลเอ็มชั้นที่สอง และไซเล็มชั้นที่สอง (secondary phloem and secondary xylem) ช่วยเพิ่มความกว้างหรือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรากและลำต้น

3) Intercalary meristem เป็นเนื้อเยื่อเจริญเหนือข้อช่วยให้ปล้องยึดยาวออก พบในลำต้นพืชในเลี้ยงเดี่ยว

2.2 เนื้อเยื่อถาวร (permanent tissue) เป็นเนื้อเยื่อที่เจริญเปลี่ยนแปลงมาทำหน้าที่เฉพาะโดยจะไม่แบ่งตัวอีก จำแนกเป็น 2 ประเภทคือ

1) เนื้อเยื่อถาวรเชิงเดี่ยว (simple permanent tissue) เป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์ชนิดเดียวกันๆ ได้แก่ เอพิเดอร์มิส (epidermis) พาเรนไคมา (parenchyma) เป็นต้น

2) เนื้อเยื่อถาวรเชิงซ้อน (complex permanent tissue) เป็นเนื้อเยื่อถาวรที่

ประกอบด้วยเซลล์ มากกว่า 1 ชนิด ทำหน้าที่ร่วมกัน ได้แก่ เนื้อเยื่อลำเลียงอาหารหรือโฟลเอ็ม (phloem) ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ 4 ชนิด คือ ซีฟทิวบ์ แมมเบอร์ (sieve tube member) เซลล์คอมพานีเยน (companion cell) พาเรโนโคมาและไฟเบอร์ เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำและเกลือแร่หรือไซเลม (xylem) ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ 4 ชนิด คือ เวสเซล แมมเบอร์ (vessel member) เทรเคอิด (tracheid) พาเรโนโคมาและไฟเบอร์

**พันธุศาสตร์** (genetics - มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกคำว่า gennō ซึ่งแปลว่า "การให้กำเนิด") คือศาสตร์แขนงหนึ่งของวิทยาศาสตร์ว่าด้วยการศึกษาหน่วยถ่ายทอดพันธุ (ยีน, จีโนม/gene), การกรรมพันธุ์ (heredity), และวิวัฒนาการในสิ่งมีชีวิตต่างๆ โดยคำว่าพันธุศาสตร์นี้เริ่มแรกนั้นถูกประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับศาสตร์ใหม่ที่ว่าด้วยการศึกษาชาติพันธุ์และวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ซึ่งคำว่า genetics นี้ถูกประดิษฐ์ขึ้นโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษวิลเลียม เบทสัน ซึ่งปรากฏอยู่ในสารานุกรมของเขาที่ส่งไปให้ออดัม เซดจ์วิค ซึ่งจารึกไว้ในวันที่ 18 เมษายน พ.ศ. 2448 (ค.ศ. 1905) เผ่าพันธุ์มนุษย์เริ่มรับความรู้เกี่ยวกับพันธุศาสตร์ตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ซึ่งว่าด้วยการเพาะพันธุ์และการดำเนินการสืบพันธุ์ให้แก่พืชและสัตว์ ซึ่งจากการวิจัยในปัจจุบันนี้, พันธุศาสตร์ยังเปิดทางให้กับอุปกรณ์ที่มีบทบาทขึ้นในการสืบหาระบบภายในของยีนดังกล่าว เช่นการวิเคราะห์การตอบสนองทางพันธุกรรม ซึ่งอยู่ภายในสิ่งมีชีวิต ข้อมูลทางพันธุกรรมส่วนใหญ่มักถูกบรรจุไว้ในโครโมโซม (chromosome), ซึ่งแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลดีเอ็นเอ (DNA molecule)

ยีนสามารถถูกจำแนกหาลักษณะทางพันธุกรรมซึ่งถือเป็นข้อมูลที่สำคัญยิ่งในการประกอบลักษณะทางเคมีของโปรตีน, ซึ่งตัวโปรตีนนี้เองกลับมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่ง, แต่ก็มีในหลายๆ กรณีอยู่ด้วยกันที่โปรตีนนั้นไม่อาจกำหนดสารประกอบทางพันธุกรรมได้ทั้งหมด แต่กลับอยู่ในฟีโนไทป์ตัวสุดท้ายของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ วลีศัพท์ทางพันธุศาสตร์คำว่า "เพื่อระบุรหัส" มักใช้กับยีนที่สามารถสร้างโปรตีนเองได้, โดยจะถูกเรียกว่ารหัสถ่ายทอดพันธุของโปรตีน



**2.8 การกลายพันธุ์ หรือ มิวเทชัน (mutation)** หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสภาพของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเปลี่ยนแปลงของยีน ทำให้สิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นมาใหม่มีลักษณะแตกต่างจากกลุ่มปกติ .

**ลักษณะทางพันธุกรรม** (อังกฤษ: Genotype) หมายถึงลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างกัน และสามารถถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปยังรุ่นอื่นๆต่อไปได้ ลักษณะทางพันธุกรรมใดแก่ลักษณะสีขนสีดำ สีผม ความสูง สีของขนสัตว์ สีของดอกไม้ ลักษณะของเมล็ด ความฉลาด ความถนัด

ในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจะมีหน่วยควบคุมลักษณะ (genetic unit) ควบคุมสิ่งมีชีวิตให้มีรูปร่าง และลักษณะเป็นไปตามเผ่าพันธุ์ของพ่อแม่ เรียกว่า ยีน (Gene) ดังนั้นยีนจึงทำหน้าที่ควบคุมการถ่ายทอดลักษณะต่างๆจากบรรพบุรุษไปสู่รุ่นหลาน

ลักษณะต่างๆที่ถ่ายทอดไปนั้นพบว่าบางลักษณะไม่ปรากฏในรุ่นลูกแต่อาจจะปรากฏในรุ่นหลานหรือเหลนก็ได้ จึงมีผลทำให้เกิดความแตกต่างกันของลักษณะทางพันธุกรรมจนมีผลทำให้สิ่งมีชีวิตเกิดความหลากหลาย แต่การสะสมลักษณะทางพันธุกรรมจำนวนมากทำให้เกิดสปีชีส์ต่างๆและสามารถดำรงเผ่าพันธุ์ไว้ได้จนถึงปัจจุบัน

มิวเทชันเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต 2 ระดับ คือ ระดับโครโมโซม (chromosomal mutation) และระดับยีนหรือโมเลกุล ดีเอ็นเอ (DNA gene mutation)

## **2.9 การเปลี่ยนแปลงระดับโครโมโซม**

แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

### **การเปลี่ยนแปลงระดับโครโมโซม**

แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1. การเปลี่ยนแปลงรูปร่างโครงสร้างภายในของแต่ละโครโมโซม เป็นผลให้เกิดการสับเปลี่ยนตำแหน่งของยีนที่อยู่ในโครโมโซมนั้น ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจาก



2. การขาดหายไป (deletion หรือ deficiency) ของส่วนใดส่วนหนึ่งของโครโมโซม ทำให้ยีนขาดหายไปด้วย เช่น กรณีการเกิดโรคของกลุ่มอาการครีดูชาต์ โดยโครโมโซมคู่ที่ 5 เส้นหนึ่ง มีบางส่วนขาดหายไป

3. การเพิ่มขึ้นมา (duplication) โดยมีส่วนใดส่วนหนึ่งของโครโมโซม เพิ่มขึ้นมามากกว่าที่มีอยู่ปกติ การเปลี่ยนตำแหน่งทิศทาง (inversion) โดยเกิดการสลับเปลี่ยนตำแหน่งของยีนภายในโครโมโซมเดียวกัน เนื่องจากเกิดรอยขาด 2 แห่งบนโครโมโซมนั้น และส่วนที่ขาดนั้นไม่หลุดหายไป แต่กลับต่อเข้ามาใหม่ในโครโมโซมเดิมโดยสลับที่กัน

4. การเปลี่ยนสลับที่ (translocation) เกิดจากการแลกเปลี่ยนส่วนของโครโมโซมระหว่างโครโมโซมที่ไม่เป็นโฮโมแกมกัน การเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม โดยอาจมีจำนวนโครโมโซมเพิ่มมากขึ้นหรือลดน้อยลงไปจากจำนวนปกติ (ดิพลอยด์ หรือ  $2n$ ) เกิดได้ 2 ลักษณะ คือ

5. ยูพลอยดี (euploidy) เป็นการเพิ่มหรือลดจำนวนชุดของโครโมโซม ( $2n \pm n$  หรือ  $2n \pm 2n$ ) ส่วนใหญ่เกือบทั้งหมดเท่าที่พบ เกิดขึ้นในพวกพืช และมีประโยชน์ในทางการเกษตรในแง่การเพิ่มผลผลิต และเป็นกลไกที่จะทำให้เกิดวิวัฒนาการในพืช สำหรับสัตว์เมื่อเกิดแล้วมักจะทำให้เป็นหมัน หรือผลิตเซลล์สืบพันธุ์ที่ไม่สามารถทำงานได้อย่างปกติ

### **มิวเทชันของยีน**

มิวเทชันของยีน การเปลี่ยนแปลงในระดับยีนนี้ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเบส (A, T, C, G) หรือการเปลี่ยนตำแหน่งของลำดับการเรียงตัวของเบสในโมเลกุลของ DNA ซึ่งจะส่งผลสะท้อนไปถึงตำแหน่งการเรียงตัวของกรดอะมิโน ในสายพอลิเปปไทด์ในโมเลกุลของโปรตีนที่อยู่ภายใต้การควบคุมของยีนนั้นด้วย การเปลี่ยนแปลงของเบสในโมเลกุล DNA ดังกล่าวอาจทำให้ไม่มีการสร้างโปรตีน หรือโปรตีนที่สร้างขึ้นมานั้นเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีไปจากเดิม หรือหมดสภาพการทำงานไป

การเปลี่ยนแปลงของยีนนั้นมีพื้นฐานมาจากการเปลี่ยนแปลงใน 3 ประการคือ

1. การขาดหายไป หรือการเพิ่มขึ้นมาของคู่สารประกอบในโครโมซอม คือเพียวรีนไพริมิดีนในสายของ DNA ทำให้การเรียงลำดับของเบสเปลี่ยนไปจากเดิม และผลที่ติดตามมา คือ รหัสพันธุกรรมผิด หรือคลาดเคลื่อนไป

2. การเปลี่ยนคู่ของเพียวรีนไพริมิดีนในโมเลกุลของ DNA ที่เกิดขึ้นในระหว่างมีการสร้าง DNA ในระยะอินเตอร์เฟส ซึ่งเกิดจากการที่สารเคมีบางชนิดที่มีโครงสร้างคล้ายกับเบสตัวหนึ่งแต่มีสมบัติทางเคมีในเชิงการจับคู่ต่างไปจากเบสตัวนั้น

3. การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในโมเลกุลของเบสเอง ทำให้สมบัติทางเคมีในเชิงจับคู่ของมันเปลี่ยนไป เช่น เบสอะดีนีน (A) เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นรูปใหม่แล้วก็จะไปจับคู่กับเบสไซโตซีน (C) รูปปกติ แทนที่อะดีนีนจะจับคู่กับไทมีน (T) ตามปกติของมัน

### ปัจจัยที่ทำให้เกิดมิวเทชัน

ตัวกระตุ้นหรือชักนำให้เกิดมิวเทชัน จะเรียกว่าสิ่งก่อกลายพันธุ์ (mutagen) เช่น

1. รังสี (radiation) รังสีที่กระตุ้นให้เกิดมิวเทชันมี 2 ชนิดคือ

1.1 Ionizing Radiation เช่น รังสีบีตา, รังสีแกมมา, รังสีเอกซ์

1.2 Non-ionizing Radiation เช่น รังสีอุลตราไวโอเลต

1.3 สารเคมี เช่น สารโคลชิซิน (colchicine) มีผลทำให้มีการเพิ่มจำนวนชุดของโครโมโซม ผลดังกล่าวนี้ทำให้ผลผลิตพืชเพิ่มขึ้น สารไดคลอวอส (dichlovos) ที่ใช้กำจัดแมลงและ พาราควอต (paraquat) ที่ใช้กำจัดวัชพืช ก็สามารถทำให้เกิดการผิดปกติของโครโมโซม ในคนและสัตว์ได้

สิ่งก่อกลายพันธุ์หรือมิวทาเจนหลายชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen) เช่น สารอะฟลาทอกซิน (aflatoxins) จากเชื้อราบางชนิดทำให้เกิดมะเร็งที่ตับ เป็นต้น

### ประเภทของมิวเทชัน

มิวเทชันเกิดกับเซลล์ในร่างกาย 2 ลักษณะ คือ

1. เซลล์ร่างกาย (Somatic cell) เซลล์ชนิดนี้เมื่อเกิดมิวเทชันแล้ว จะไม่ถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไป

2. เซลล์สืบพันธุ์ (Sex cell) เซลล์เหล่านี้เมื่อเกิดมิวเทชันแล้ว จะถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสปีชีส์ของสิ่งมีชีวิตมากที่สุด และส่งผลกระทบต่อวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตด้วย

## 2.10 บทสรุป

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดล้วนประกอบด้วยหน่วยที่เล็กที่สุดที่เรียกว่าเซลล์และการจำแนกประเภทของสิ่งมีชีวิตตามการมีเยื่อหุ้มนิวเคลียสหรือไม่ได้สองประเภทคือเซลล์โพรคาริโอตและเซลล์ยูคาริโอต การแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์และการเจริญเติบโตนั้น เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์คือการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

.....

## แบบประเมินผลท้ายบท

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

1. สิ่งมีชีวิตในข้อใดที่มีลักษณะของดีเอ็นเอ (DNA) เป็นวงกลมหรือเป็นวง ?
  - 1) แบคทีเรีย
  - 2) ปรอททะเล
  - 3) ประการัง
  - 4) สุนทะเล
2. ออร์แกเนลชนิดใดที่ไม่พบในสิ่งมีชีวิตจำพวกโปรคาริโอต ?
  - 1) ไมโทคอนเดรีย
  - 2) แฟลกเจลลา
  - 3) ดีเอ็นเอ
  - 4) ไรโบโซม
3. การเคลื่อนที่ของเซลล์พวกยูคาริโอตเป็นแบบใด ?
  - 1) แบบไหลเลื่อน
  - 2) คล้ายโปรติสตา
  - 3) คล้ายอะมีบา
  - 4) แบบหมุนควง
4. ข้อใดกล่าวถูกต้อง ?
  - 1) ไรโบโซมมีหน้าที่สังเคราะห์โปรตีน
  - 2) นิวเคลียสมีหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซลล์และสังเคราะห์อาร์เอ็นเอ
  - 3) คลอโรพลาสต์มีเยื่อหุ้มสองชั้น
  - 4) ถูกทุกข้อ
5. ออร์แกเนลใดที่มีหน้าที่สะสมสาร ควบคุมแรงดัน และกำจัดของเสียภายในเซลล์ ?
  - 1) ไลโซโซม
  - 2) ไรโบโซม
  - 3) แวกคิวโอล
  - 4) ไมโทคอนเดรีย
6. Cytoskeleton ของเซลล์หมายถึงอะไร ?
  - 1) Microtubule
  - 2) Spindle fiber
  - 3) Cilia
  - 4) flagella
7. ระยะใดของการแบ่งเซลล์ที่เราสังเกตเห็นโครโมโซมมีการเรียงตัวอยู่กลางเซลล์ ?
  - 1) Interphase
  - 2) Prophase
  - 3) Metaphase
  - 4) Anaphase and Telophase
8. การแบ่งเซลล์เพื่อลดจำนวนของโครโมโซมคือข้อใด ?
  - 1) Mitosis
  - 2) Meiosis I
  - 3) Meiosis II
  - 4) ถูกทุกข้อ

9. ข้อใดอธิบายได้ถูกต้องเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์ ?

- 1) ไมโทซิสเกิดขึ้นกับเซลล์ร่างกาย
- 2) ไมโอซิสเกิดกับการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์
- 3) ไมโทซิสไม่มีการเข้าคู่กันของโครโมโซมคู่เหมือน
- 4) ถูกต้องทุกข้อ

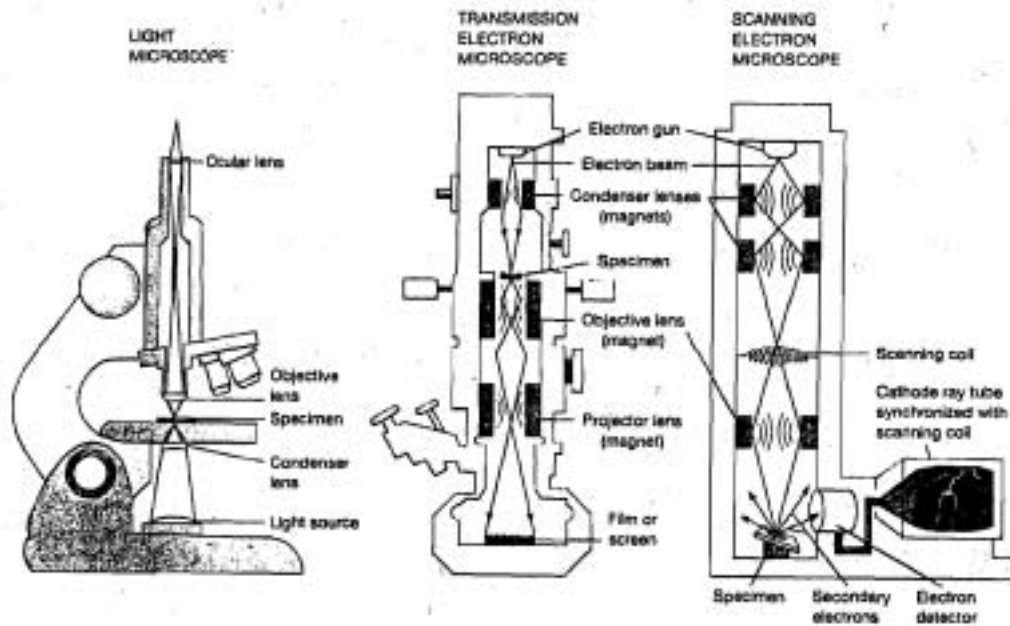
10. การแบ่งเซลล์ที่คล้ายกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสทุกประการคือ ?

- 1) Prophase
- 2) Metaphase
- 3) Telophase I
- 4) Meiosis II

เฉลยแบบประเมินผลท้ายบท

- |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|
| 1. | 1) | 2. | 1) | 3. | 3) | 4. | 4) | 5.  | 3) |
| 6. | 1) | 7. | 3) | 8. | 2) | 9. | 4) | 10. | 4) |

.....



(a) Euglena (LM)



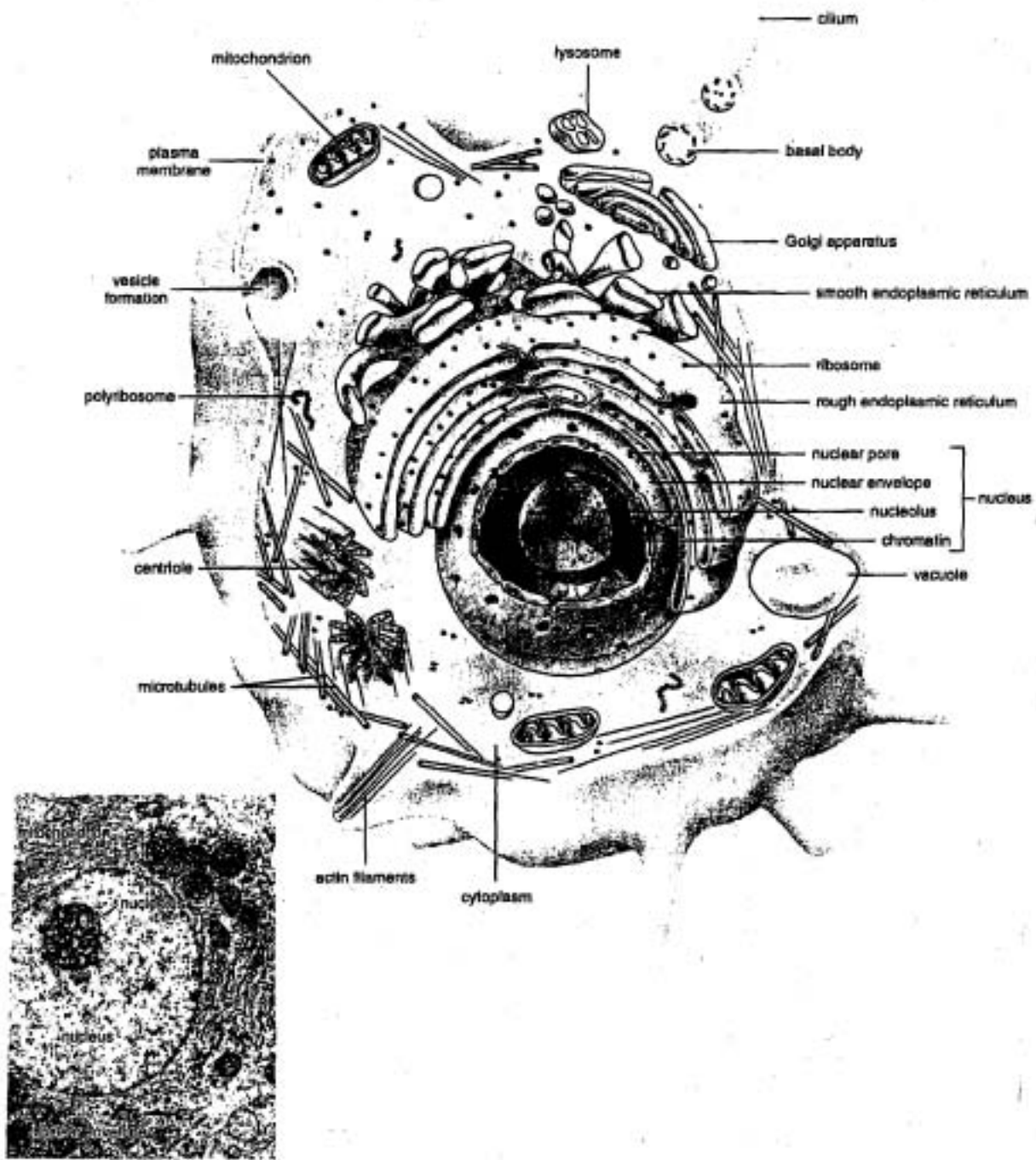
(b) Cross section of a Euglena (TEM)



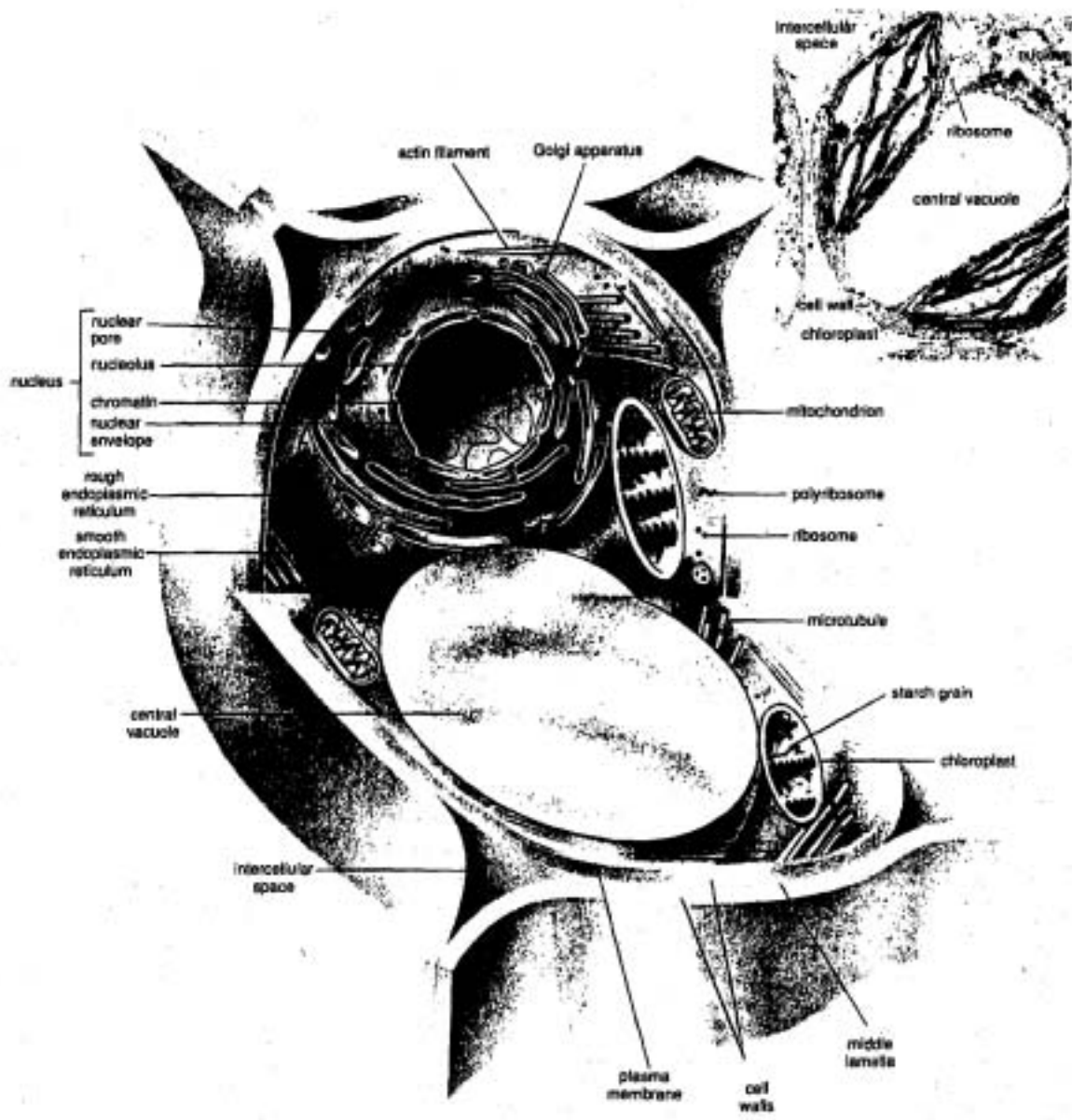
(c) Euglena (SEM)

ภาพที่ 2.1 กล้องจุลทรรศน์ชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ศึกษาเซลล์สิ่งมีชีวิต  
(ที่มอดัดแปลงจาก ; Mader, S.J., 1997)



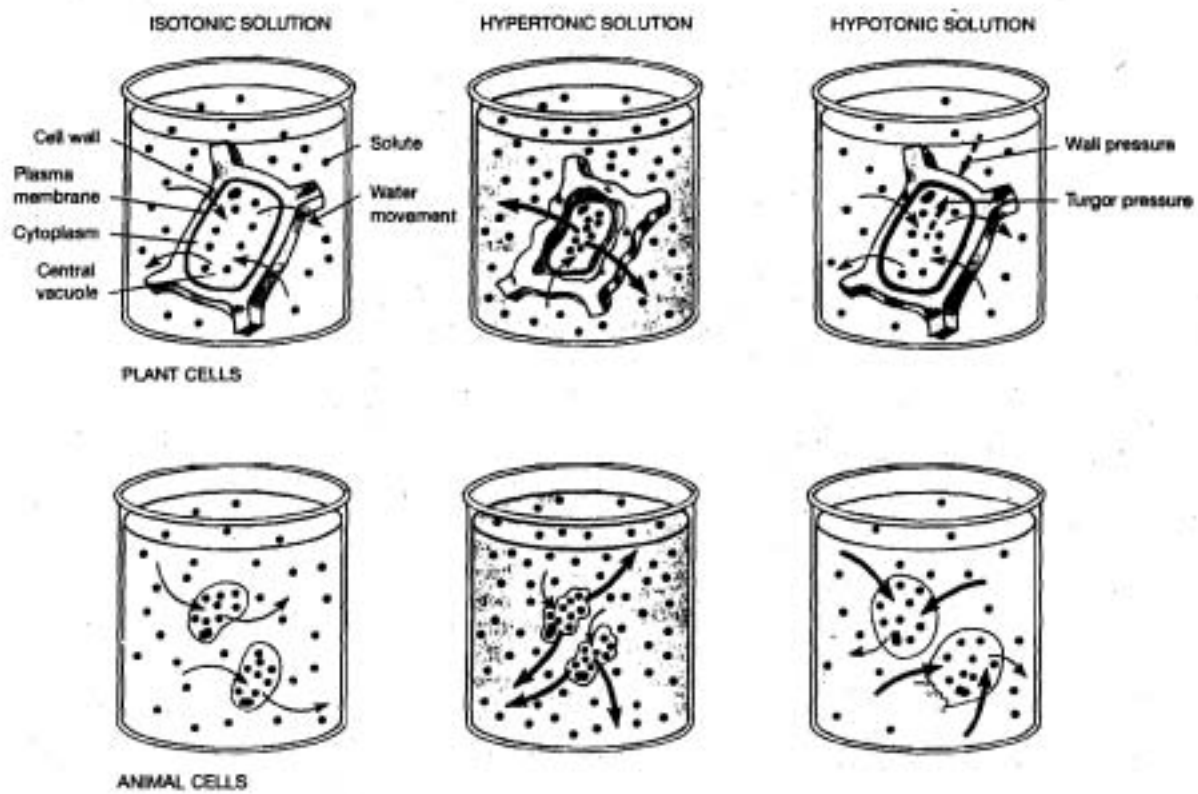


ภาพที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างของเซลล์สัตว์  
 (ที่มอดัดแปลงจาก ; Mader, S.J., 1997)

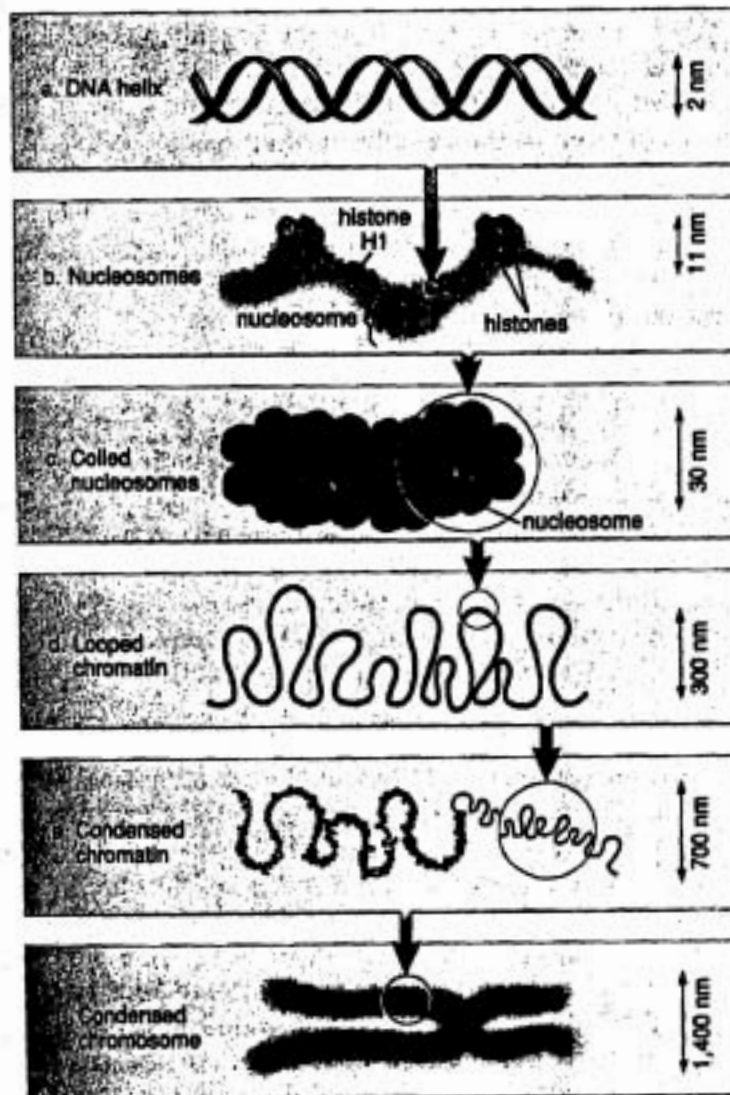


ภาพที่ 2.3 ลักษณะโครงสร้างของเซลล์พืช

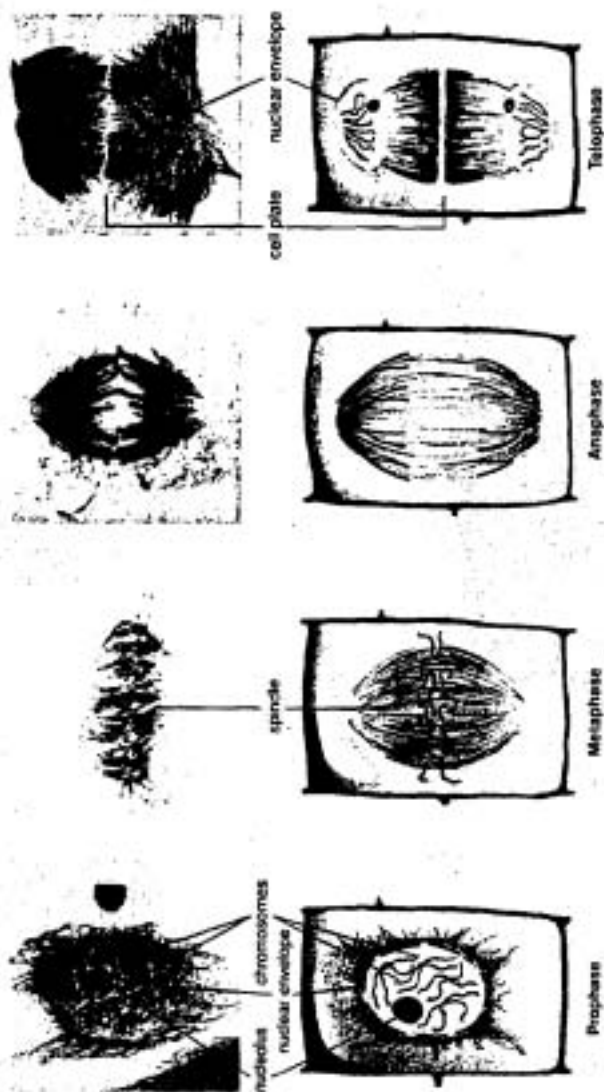
(ที่มอดัดแปลงจาก ; Mader, S.J., 1997)



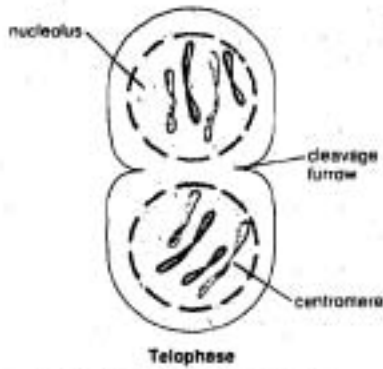
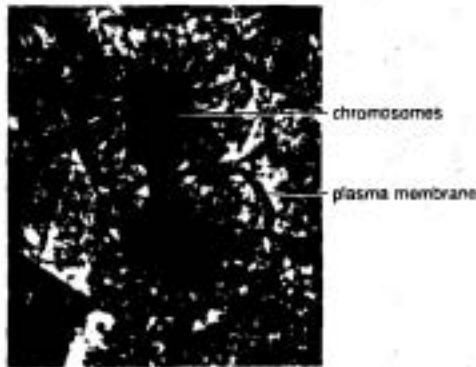
ภาพที่ 2.4 การลำเลียงสารผ่านเข้าออกเซลล์ชนิดต่าง ๆ  
 (ที่มาดัดแปลงจาก ; Arms, K. & CAMP, S. P., 1979)



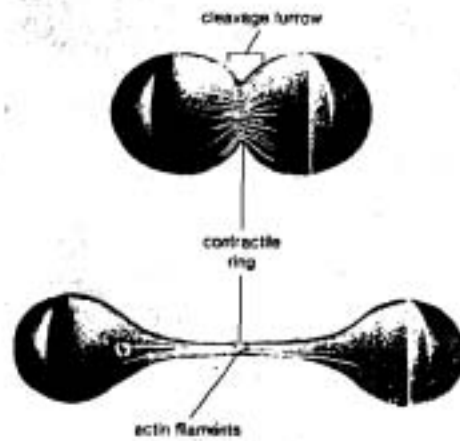
ภาพที่ 2.5 ระดับโครงสร้างของโครโมโซม  
 (ที่มาดัดแปลงจาก ; Mader, S.J., 1997)



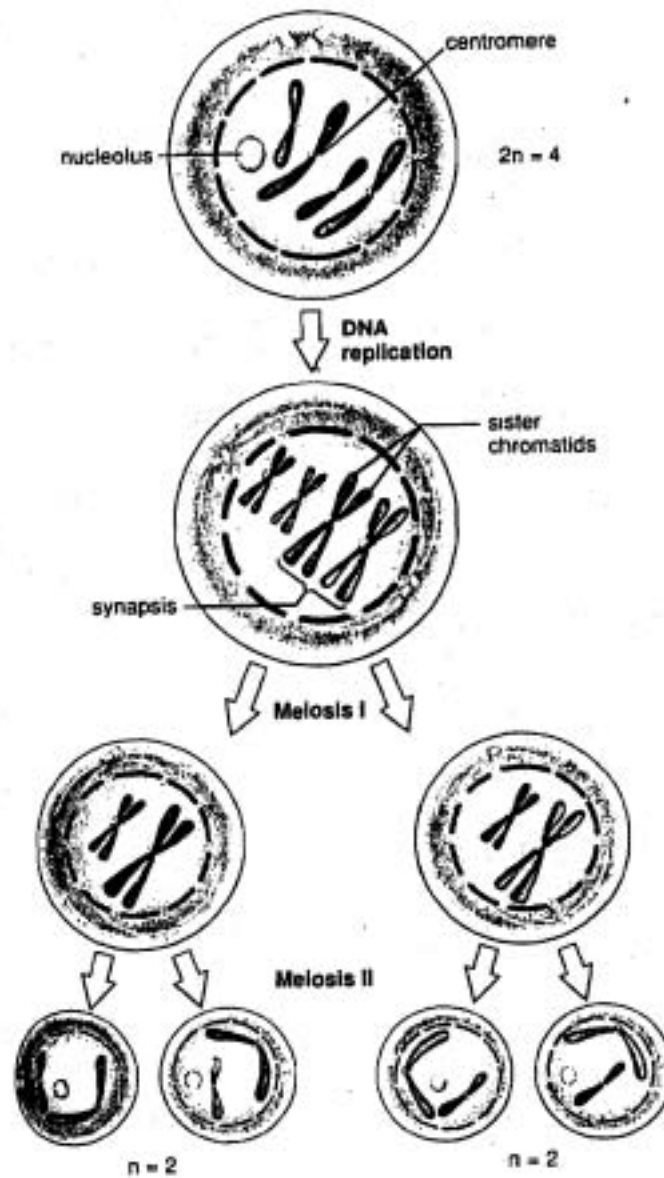
ภาพที่ 2.6 ขั้นตอนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของพืช  
(ที่มาดัดแปลงจาก ; Mader, S.J., 1997)



Daughter cells are forming as nuclear envelopes and nucleoli appear. Chromosomes will become indistinct chromatin.

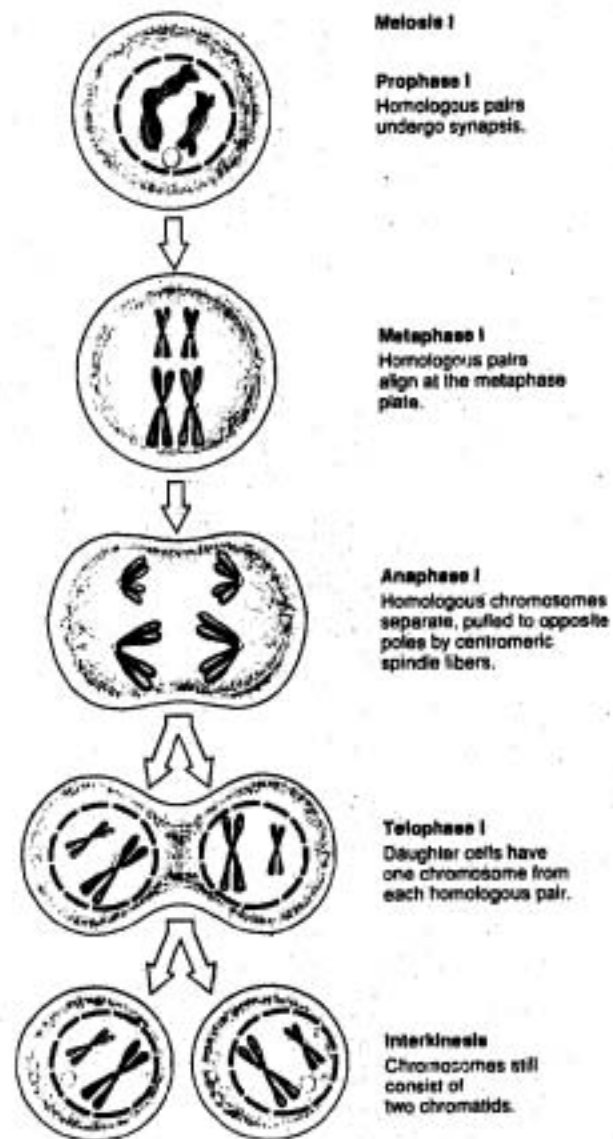


ภาพที่ 2.7 การแบ่งไซโตพลาซึมของเซลล์สัตว์ในระยะทีโลเฟส  
(ที่มอดดแปลงจาก ; Mader, S.J., 1997)



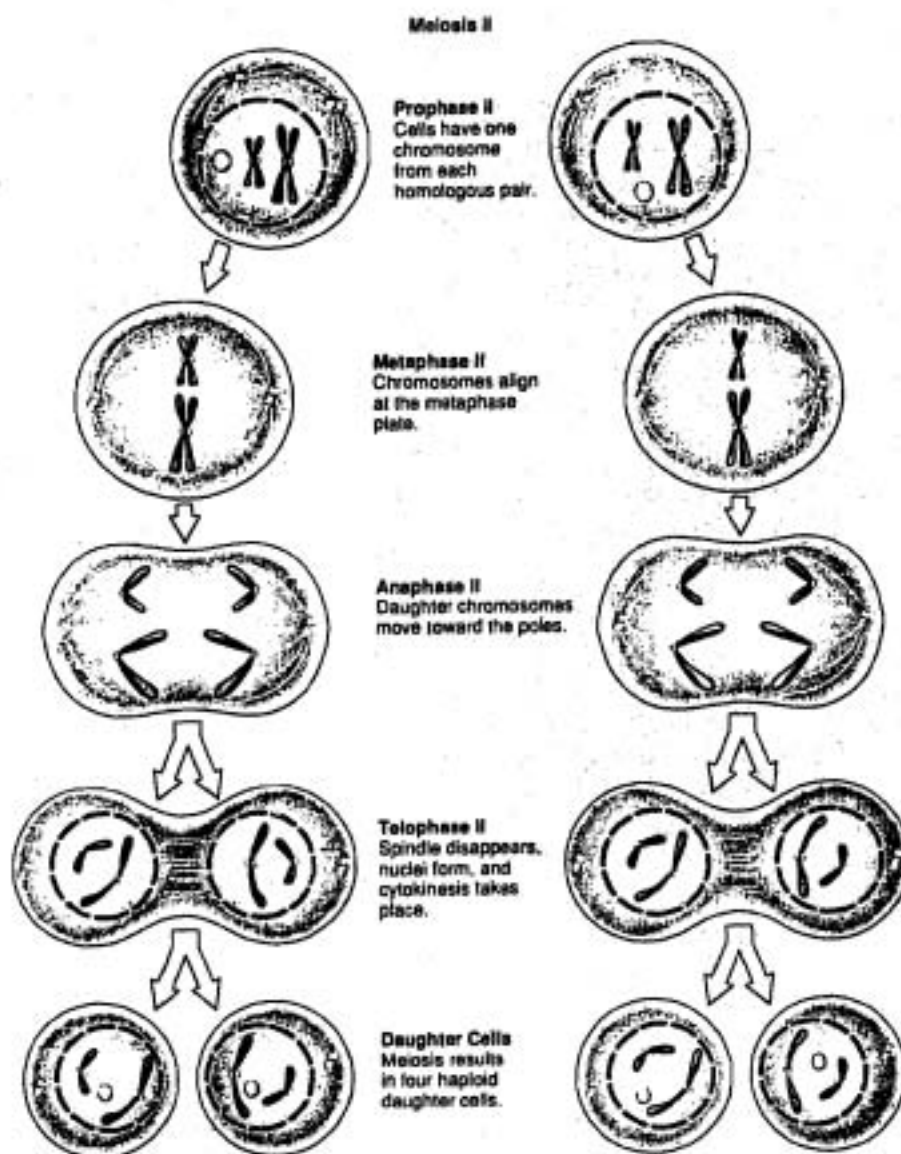
ภาพที่ 2.8 ลักษณะการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส การเกิดไซแนปซิสและครอสซิงโอเวอร์  
(ที่มาดัดแปลงจาก ; Mader, S.J., 1997)





ภาพที่ 2.9 ระยะการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส I

(ที่มอดัดแปลงจาก ; Mader, S.J., 1997)

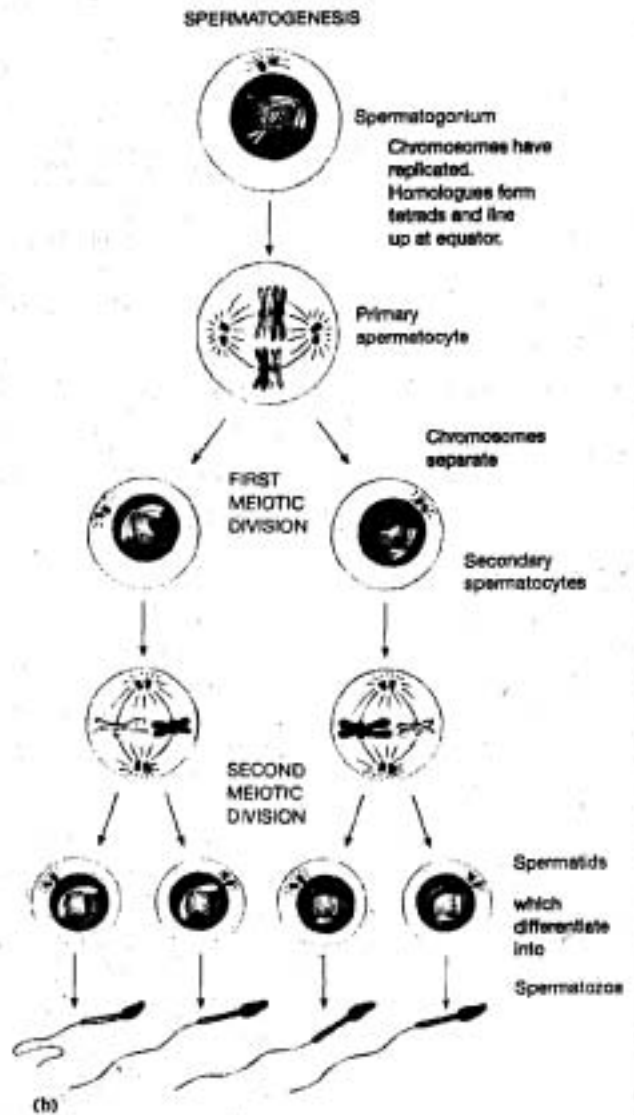


ภาพที่ 2.10 ระยะเวลาแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส II

(ที่มอดัดแปลงจาก ; Mader, S.J., 1997)



(a) Human seminiferous tubule, cross section (SEM).

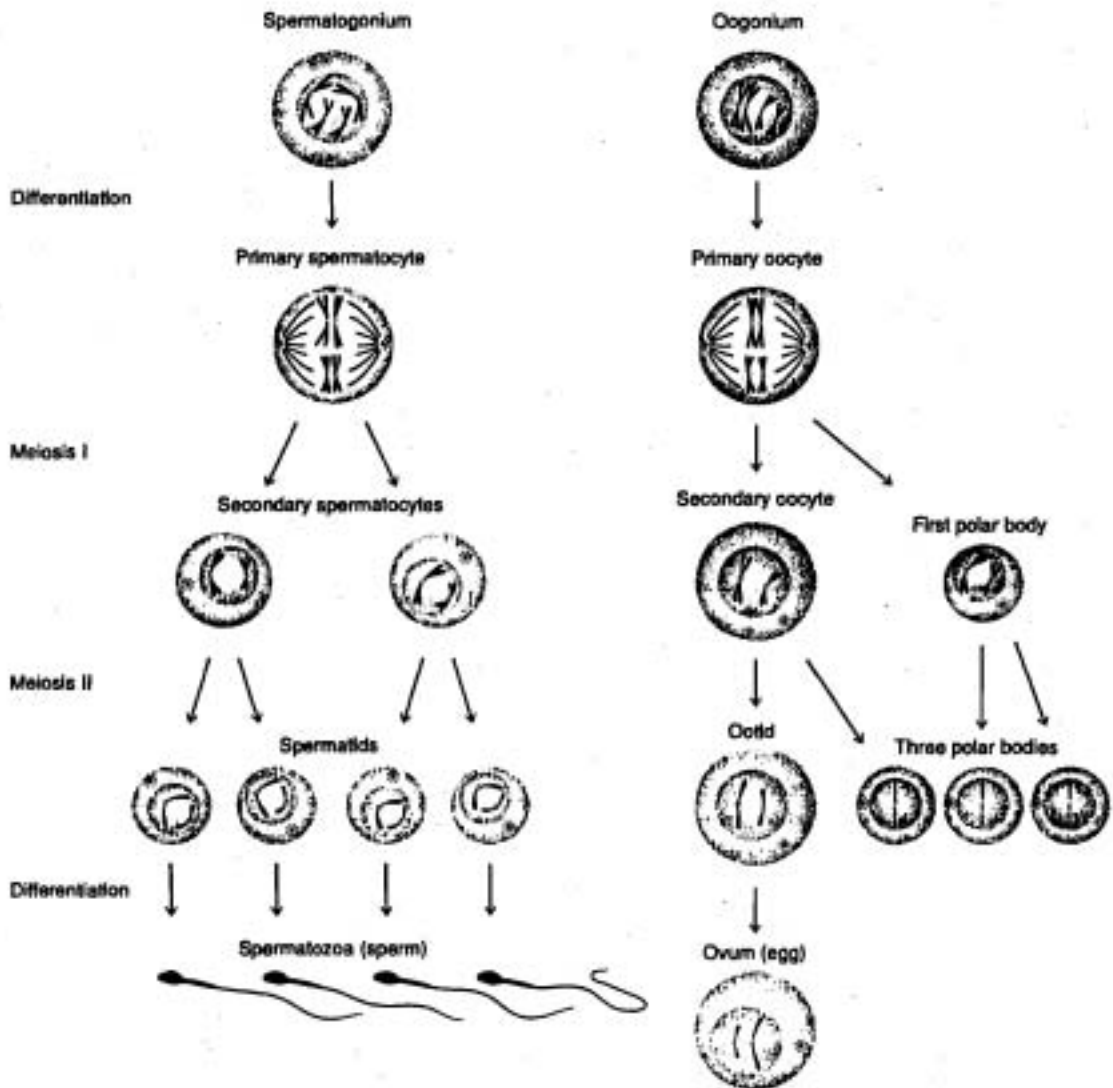


ภาพที่ 2.11 (a) ท่อเซมิเนเฟอร์รัสของมนุษย์ตัดตามขวาง ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์

อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (SEM)

(b) ขั้นตอนการสร้างเซลล์สเปิร์ม

(ที่มาดัดแปลงจาก ; Mader, S.J., 1997)



ภาพที่ 2.12 ระยะการพัฒนากการสร้างเซลล์สเปิร์มและเซลล์ไข่  
(ที่มา ; Weaver, R.F., 1995)