



สารบัญ

Part 1 พื้นฐานทางชีววิทยา (Basic Biology) 1

บทที่ 1 ธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต..... 3

บทที่ 2 เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต 7

2.1 สารอินทรีย์..... 7

2.1.1 น้ำ (H_2O) 7

2.1.2 แร่ธาตุ (minerals) 9

2.2 สารอินทรีย์..... 10

2.2.1 คาร์โบไฮเดรต 11

2.2.2 โปรตีน 15

2.2.3 ลิพิด..... 18

2.2.4 กรดนิวคลีอิก 21

2.2.5 วิตามิน 25

2.3 ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ 27

บทที่ 3 เซลล์ของสิ่งมีชีวิต..... 33

3.1 กล้องจุลทรรศน์ (microscope)..... 33

3.2 โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์..... 37

3.2.1 ส่วนห่อหุ้มเซลล์..... 40

3.2.2 โปรโทพลาซึม (protoplasm) 42



3.3 การลำเลียงสาร.....	52
3.3.1 การลำเลียงสารแบบผ่านเยื่อหุ้มเซลล์.....	52
3.3.2 การลำเลียงสารแบบสร้างถุงจากเยื่อหุ้มเซลล์.....	54
3.3.3 การเชื่อมต่อกันของเซลล์ (cell junction).....	55
3.4 การแบ่งเซลล์.....	57
3.4.1 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitosis).....	59
3.4.2 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis).....	65

Part 2 กายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาของสัตว์ (Anatomy and Physiology of Animals)..... 75

บทที่ 4 ระบบย่อยอาหาร	77
4.1 การย่อยอาหารของสัตว์.....	77
4.2 การย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิต.....	78
4.3 ระบบย่อยอาหารของมนุษย์.....	86
4.4 การสลายโมเลกุลของอาหารระดับเซลล์.....	93
บทที่ 5 ระบบสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต	103
5.1 การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction).....	104
5.2 การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (sexual reproduction).....	105
5.3 การสืบพันธุ์ของคน.....	106
5.3.1 ระบบสืบพันธุ์ของเพศชาย.....	108
5.3.2 ระบบสืบพันธุ์ของเพศหญิง.....	110
5.4 การปฏิสนธิ.....	112
5.5 การตั้งครรภ์.....	113
5.6 การเจริญเติบโตของสัตว์ (animal development).....	113



5.7 การแก้ไขภาวะมีบุตรยาก.....	119
5.8 เมทาโมρφอซิส (metamorphosis).....	119
5.9 กราฟของการเจริญเติบโต (growth curve).....	120
บทที่ 6 การรักษาดุลยภาพในร่างกาย.....	123
6.1 ระบบหมุนเวียนเลือด (circulatory system).....	123
6.1.1 การลำเลียงสารในสิ่งมีชีวิตที่ยังไม่มีระบบหมุนเวียนเลือด	123
6.1.2 การลำเลียงสารของสิ่งมีชีวิตที่มีระบบเลือดเปิด (open circulatory system).....	124
6.1.3 การลำเลียงสารของสิ่งมีชีวิตที่มีระบบเลือดปิด (closed circulatory system).....	125
6.1.4 ระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์	129
6.2 ระบบภูมิคุ้มกัน (immune system).....	141
6.3 ระบบหายใจ (respiratory system) และการแลกเปลี่ยนแก๊ส (gas exchange).....	146
6.3.1 โครงสร้างที่ช่วยในการแลกเปลี่ยนแก๊สในสิ่งมีชีวิต	146
6.3.2 การหายใจของคน	148
6.4 ระบบขับถ่าย (excretory system)	151
6.4.1 การขับถ่ายในสิ่งมีชีวิต	152
6.4.2 ระบบขับถ่ายของมนุษย์	153
6.5 การรักษาดุลยภาพของกรด-เบสในร่างกาย.....	158
6.6 การรักษาดุลยภาพของอุณหภูมิในร่างกาย.....	158
บทที่ 7 การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต.....	161
7.1 การเคลื่อนที่ของโปรทิสต์.....	162
7.2 การเคลื่อนที่ของสัตว์.....	164
7.2.1 การเคลื่อนที่ของสัตว์แบบไม่อาศัย antagonism.....	164
7.2.2 การเคลื่อนที่ของสัตว์โดยอาศัย antagonism	165
7.3 การเคลื่อนที่ของมนุษย์	169



บทที่ 8	การรับรู้และการตอบสนอง.....	177
8.1	การรับรู้และการตอบสนอง	177
8.2	เซลล์ประสาทและเซลล์ค้ำจุน (neuron and neuroglia).....	178
8.2.1	เซลล์ประสาท (neuron)	178
8.2.2	เซลล์ค้ำจุน (glial cell หรือ neuroglia).....	179
8.3	การทำงานของเซลล์ประสาท	180
8.4	การถ่ายทอดกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาท (synapse)	185
8.5	ระบบประสาทของสิ่งมีชีวิตต่างๆ	187
8.6	ระบบประสาทของมนุษย์	190
8.7	ระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system)	190
8.7.1	สมอง (brain).....	191
8.7.2	ไขสันหลัง (spinal cord).....	194
8.8	ระบบประสาทรอบนอก (peripheral nervous system : PNS)	195
8.9	ระบบประสาทโซมาติก (somatic nervous system : SNS)	197
8.10	ระบบประสาทแบบอัตโนมัติ (autonomic nervous system : ANS)	198
8.11	อวัยวะรับสัมผัส (sensory organ)	200
8.11.1	ตา	200
8.11.2	หู	204
8.11.3	จมูก	205
8.11.4	ลิ้น	205
8.11.5	ผิวหนัง	206



บทที่ 9 ระบบต่อมไร้ท่อ.....209

9.1 ระบบต่อมไร้ท่อ.....209

9.2 ฮอร์โมน.....211

9.2.1 การทำงานของฮอร์โมนชนิดต่างๆ214

9.2.2 กลุ่มอาการของความผิดปกติของการหลั่งฮอร์โมน221

บทที่ 10 พฤติกรรมของสัตว์.....225

10.1 รูปแบบของพฤติกรรม.....226

10.2 การสื่อสารระหว่างสัตว์.....231

Part 3 กายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาของพืช (Anatomy and Physiology of Plants) 233

บทที่ 11 โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก.....235

11.1 เนื้อเยื่อพืช (plant tissue).....235

11.2 โครงสร้างและหน้าที่ของราก241

11.3 โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น247

11.4 โครงสร้างและหน้าที่ของใบ253

11.5 การลำเลียงสารในพืช.....256

บทที่ 12 การสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis)263

12.1 การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง263

12.2 กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง.....267

12.2.1 โครงสร้างของคลอโรพลาสต์267

12.2.2 สารสีในปฏิกิริยาแสง267

12.2.3 กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง.....271



12.3 การหายใจแสง (photorespiration).....279

12.4 ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง.....280

บทที่ 13 การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของพืชดอก283

13.1 วัฏจักรชีวิตและการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพืชดอก.....283

13.2 โครงสร้างของดอก284

13.3 การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก.....289

13.4 การถ่ายละอองเรณูและการปฏิสนธิคู่.....291

13.5 ผล.....292

13.6 เมล็ดและการเจริญหลังการปฏิสนธิคู่.....294

13.7 การงอกของเมล็ด.....296

13.8 การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศและการขยายพันธุ์พืชดอก.....299

13.9 การวัดการเจริญเติบโตของพืช.....300

บทที่ 14 การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช303

14.1 ฮอร์โมนพืช303

14.2 การตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม.....310

Part 4 พันธุศาสตร์ (Genetics) 315

บทที่ 15 การถ่ายทอดทางพันธุกรรม.....317

15.1 การศึกษาพันธุศาสตร์.....317

15.2 ความน่าจะเป็น.....318

15.3 การถ่ายทอดพันธุกรรมตามแบบเมนเดล (Mendelian inheritance).....319

15.4 การถ่ายทอดพันธุกรรมนอกเหนือกฎของเมนเดล (non-Mendelian inheritance).....325

15.5 การถ่ายทอดพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับเพศ.....331



บทที่ 16 ยีนและโครโมโซม.....339

- 16.1 ทฤษฎีโครโมโซมในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (chromosome theory of inheritance) 339
- 16.2 การค้นพบสารพันธุกรรม340
- 16.3 โครโมโซม.....341
- 16.4 องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ343
- 16.5 โครงสร้างของดีเอ็นเอ.....344
- 16.6 การจำลองดีเอ็นเอ (DNA replication).....345
- 16.7 การถอดรหัสดีเอ็นเอ (transcription)346
- 16.8 รหัสพันธุกรรม (genetic code).....349
- 16.9 การแปลรหัส (translation).....350
- 16.10 การกลายพันธุ์หรือมิวเทชัน (mutation).....353
 - 16.10.1 การกลายพันธุ์ระดับยีน (gene mutation)353
 - 16.10.2 การกลายพันธุ์ระดับโครโมโซม (chromosomal mutation)356

บทที่ 17 พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ.....365

- 17.1 เทคโนโลยีชีวภาพ (biotechnology)365
- 17.2 พันธุวิศวกรรม (genetic engineering)366
- 17.3 การโคลนยีน (gene cloning) โดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย367
- 17.4 เทคนิคพอลิเมอเรสเชนรีแอคชัน หรือพีซีอาร์ (polymerase chain reaction; PCR).....368
- 17.5 การวิเคราะห์ดีเอ็นเอด้วยเทคนิคเจลอิเล็กโตรโฟรีซิส (gel electrophoresis).....369
- 17.6 การศึกษาความแตกต่างของจีโนม370
- 17.7 การประยุกต์ใช้ทางด้านการแพทย์.....370
- 17.8 การประยุกต์ใช้ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์.....372
- 17.9 การประยุกต์ใช้ทางด้านเกษตรกรรม.....372



19.9	อาณาจักรสัตว์.....	431
	วิวัฒนาการของอาณาจักรสัตว์.....	431
	สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง.....	434
	สัตว์มีกระดูกสันหลัง.....	442
บทที่ 20	ระบบนิเวศ.....	457
20.1	นิเวศวิทยา.....	457
20.2	นิเวศวิทยาเชิงสรีรวิทยา (organismal ecology).....	458
20.3	นิเวศวิทยาเชิงกลุ่มสิ่งมีชีวิต (community ecology).....	459
20.4	นิเวศวิทยาเชิงระบบนิเวศ (ecosystem ecology).....	461
20.5	ชีวนิเวศ (biome).....	475
บทที่ 21	ประชากร.....	479
21.1	นิเวศวิทยาประชากร (population ecology).....	479
21.2	รูปแบบการแพร่กระจายของประชากร (population distribution).....	480
21.3	รูปแบบการเพิ่มของประชากร (population growth).....	481
21.4	กราฟการรอดชีวิตของประชากร (survivorship curve).....	483
21.5	ประชากรมนุษย์.....	483
บทที่ 22	มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม.....	485
22.1	ทรัพยากรธรรมชาติ (natural resources).....	485
22.2	ทรัพยากรน้ำ (water resources).....	486
22.3	ทรัพยากรดิน (soil resources).....	488
22.4	ทรัพยากรอากาศ (air resources).....	490
22.5	ทรัพยากรป่าไม้ (forest resources).....	494
22.6	ทรัพยากรสัตว์ป่า (wildlife resources).....	496



22.7 หลักการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ.....	497
22.8 ชนิดพันธุ์ต่างถิ่น.....	498
วัดฝีมือ ตะลุยโจทย์.....	499
บทที่ 2 เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต	499
บทที่ 3 เซลล์ของสิ่งมีชีวิต	501
บทที่ 4 ระบบย่อยอาหาร	505
บทที่ 5 ระบบสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต.....	507
บทที่ 6 การรักษาสุขภาพในร่างกาย	508
บทที่ 7 การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต.....	510
บทที่ 8 การรับรู้และการตอบสนอง.....	511
บทที่ 9 ระบบต่อมไร้ท่อ	512
บทที่ 10 พฤติกรรมของสัตว์.....	514
บทที่ 11 โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก	515
บทที่ 12 การสังเคราะห์ด้วยแสง	517
บทที่ 13 การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของพืชดอก.....	519
บทที่ 14 การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช	521
บทที่ 15 การถ่ายทอดทางพันธุกรรม	524
บทที่ 16 ยีนและโครโมโซม.....	526
บทที่ 17 พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ.....	528
บทที่ 18 วิวัฒนาการ.....	530
บทที่ 19 ความหลากหลายทางชีวภาพ.....	532
บทที่ 20 ระบบนิเวศ.....	535
บทที่ 21 ประชากร.....	538
บทที่ 22 มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม.....	540



เฉลยวัดฝีมือ ตะลุยโจทย์	542
บทที่ 2 เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต	542
บทที่ 3 เซลล์ของสิ่งมีชีวิต	544
บทที่ 4 ระบบย่อยอาหาร	546
บทที่ 5 ระบบสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต	546
บทที่ 6 การรักษาคุณภาพในร่างกาย	547
บทที่ 7 การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต	548
บทที่ 8 การรับรู้และการตอบสนอง	549
บทที่ 9 ระบบต่อมไร้ท่อ	550
บทที่ 10 พฤติกรรมของสัตว์	551
บทที่ 11 โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก	551
บทที่ 12 การสังเคราะห์ด้วยแสง	553
บทที่ 13 การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของพืชดอก	555
บทที่ 14 การควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองของพืช	556
บทที่ 15 การถ่ายทอดทางพันธุกรรม	557
บทที่ 16 ยีนและโครโมโซม	559
บทที่ 17 พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ	560
บทที่ 18 วิวัฒนาการ	561
บทที่ 19 ความหลากหลายทางชีวภาพ	563
บทที่ 20 ระบบนิเวศ	566
บทที่ 21 ประชากร	567
บทที่ 22 มนุษย์กับความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม	568



Part

01

พื้นฐานทางชีววิทยา (Basic Biology)

1

พื้นฐานทางชีววิทยา
(Basic Biology)

2

กายวิภาคศาสตร์และ
สรีรวิทยาของสัตว์
(Anatomy and
Physiology of Animals)

3

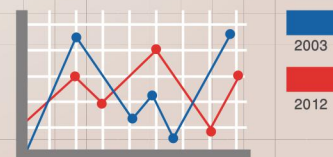
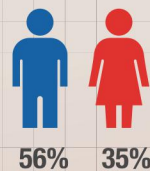
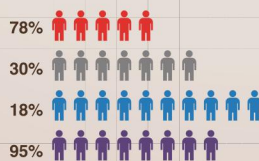
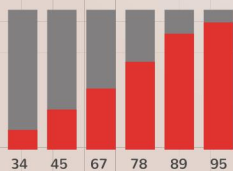
กายวิภาคศาสตร์และ
สรีรวิทยาของพืช
(Anatomy and
Physiology of Plants)

พันธุศาสตร์ (Genetics)

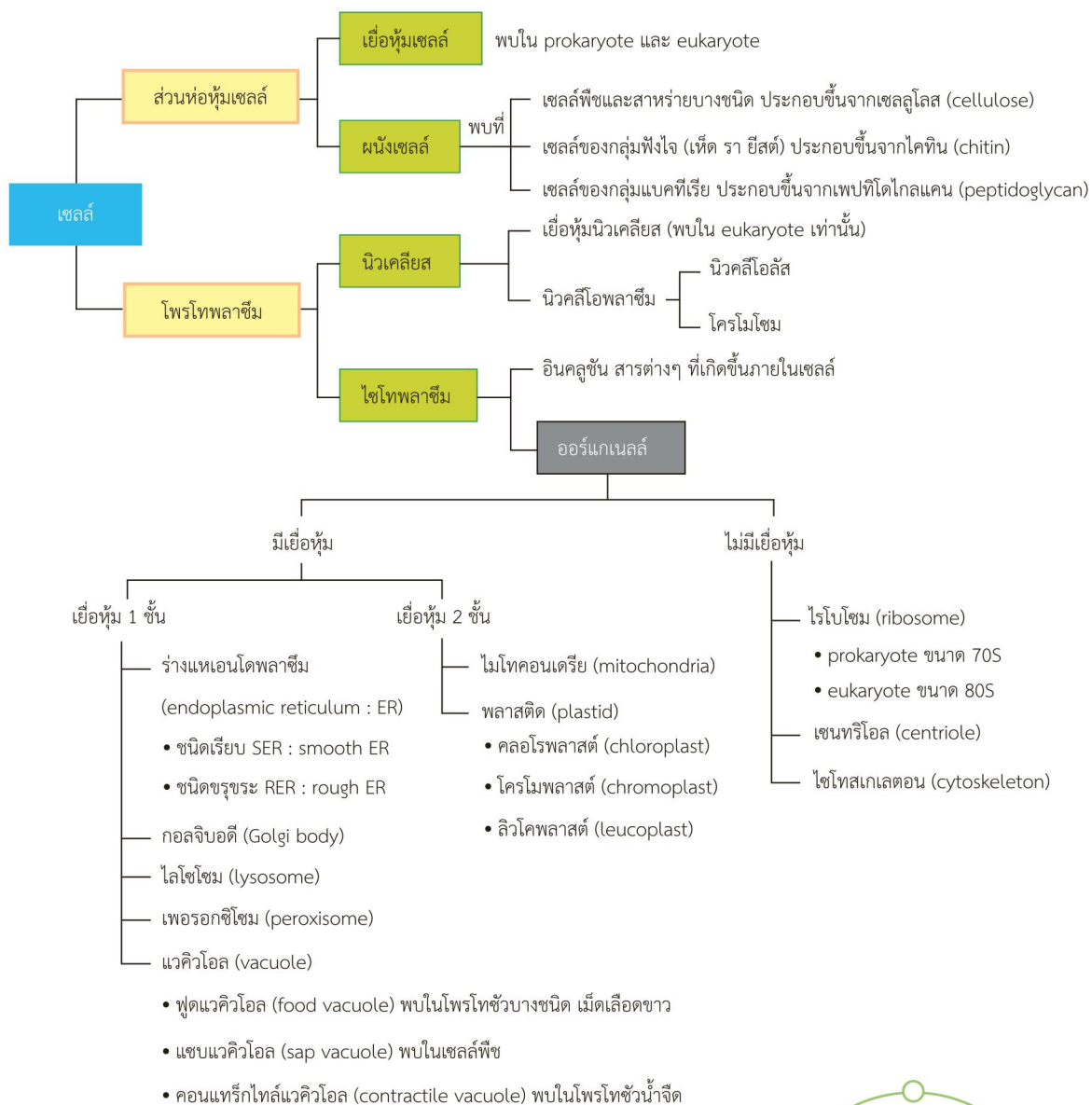
4

ระบบนิเวศและความ
หลากหลายทางชีวภาพ
(Ecology and Biodiversity)

5

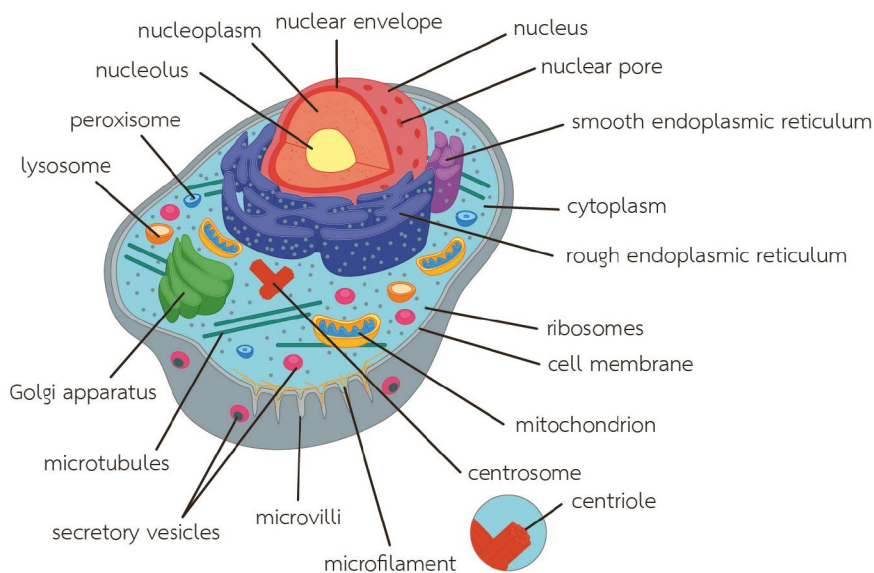


3.2 โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์

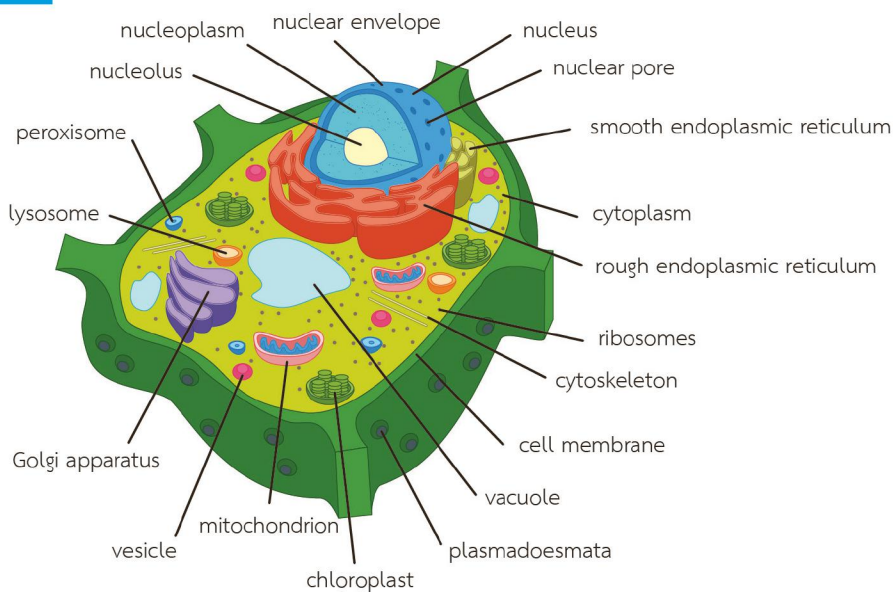


▲ (Cr. uwคุณ สุนสวัสดิ์)

เซลล์สัตว์



เซลล์พืช



เซลล์ของพวกโพรคาริโอตไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ดังนั้น บริเวณที่มีสารพันธุกรรม (DNA) เรียกว่า nucleoid อยู่ภายในไซโทพลาซึม แต่ของพวกยูคาริโอตมีเยื่อหุ้มนิวเคลียสสารพันธุกรรม (DNA) จะอยู่ในนิวเคลียส

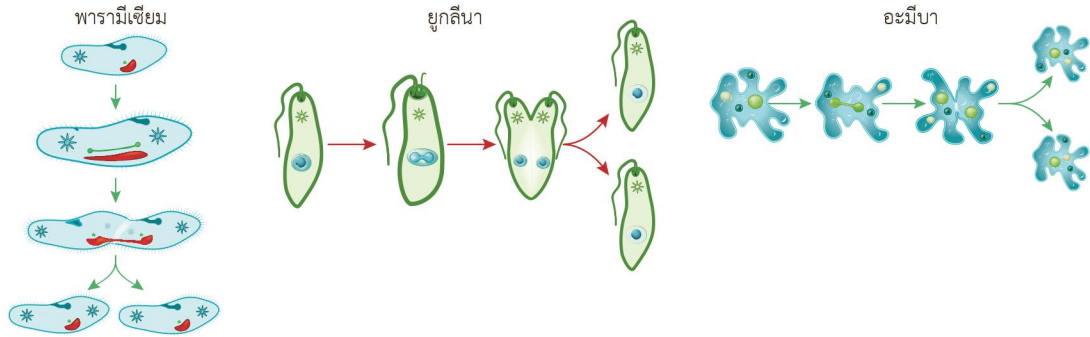


5.1 การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction)

การแบ่งออกเป็นสองส่วน (binary fission)

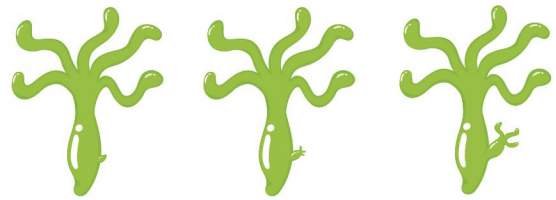
คำว่า bi- แปลว่า สอง เป็นการแบ่งเซลล์จากเซลล์เดิม ออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน

- การแบ่งตามขวาง (transverse binary fission) ได้แก่ พารามีเซียม แบคทีเรีย
- การแบ่งตามยาว (longitudinal binary fission) ได้แก่ ยูกลีนา (จำว่า ยาว—ยูกลีนา)
- การแบ่งแบบไม่สมมาตร (asymmetry) ได้แก่ อะมีบา



การแตกหน่อ (budding) เป็นการแบ่งเซลล์จากเซลล์เดิมโดยการแตกหน่อ หน่อที่งอกออกมาเจริญเป็นสิ่งมีชีวิตใหม่ แต่มีขนาดเล็กกว่า

- ▶ การแตกหน่อภายนอก เป็นการแตกหน่อที่เห็นชัดเจนจากภายนอกของสิ่งมีชีวิต เช่น ไฮดรา ดอกไม้ทะเล ยีสต์ และแมงกะพรุน



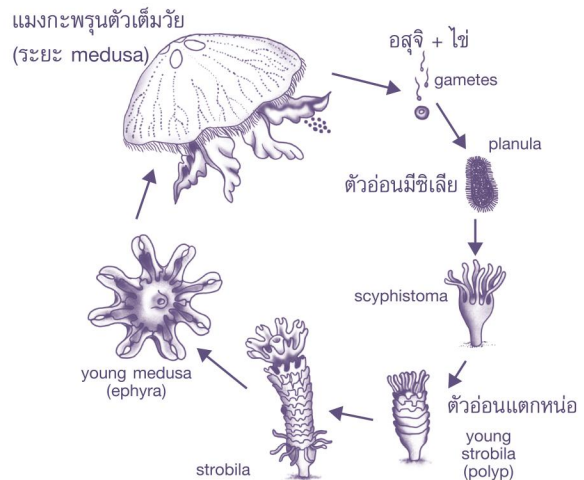
การแตกหน่อของไฮดรา

แมงกะพรุนมีวงจรชีวิตแบบสลับ (metagenesis) คือ ในช่วงชีวิตมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และแบบไม่อาศัยเพศ โดยวงจรชีวิตของแมงกะพรุนมี 2 รูปร่าง คือ

1. ระยะเมดูซา (medusa) รูปร่างแบบระฆังคว่ำ เป็นช่วงตัวเต็มวัย สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ
2. ระยะโพลิป (polyp) รูปร่างทรงแจกัน เป็นช่วงตัวอ่อน สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการแตกหน่อตามขวางออกเป็นชั้นๆ แต่ละหน่อคือ แมงกะพรุน 1 ตัว



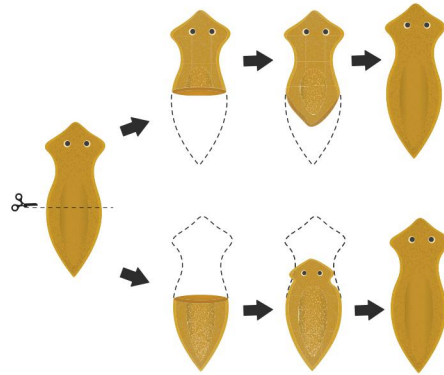
▲ (Cr. Super Sea Monkey)



- ▶ การแตกหน่อภายใน เช่น ฟองน้ำ หน่อของฟองน้ำเรียก เจมมูล (gemmule) ซึ่งเจริญภายในร่างกาย ภายในเจมมูลมีเซลล์ที่พร้อมจะเจริญเป็นสิ่งมีชีวิตอยู่มากมาย และเมื่อผู้ให้กำเนิดตายเจมมูลจะหลุดออกมา เจริญเป็นสิ่งมีชีวิตตัวใหม่

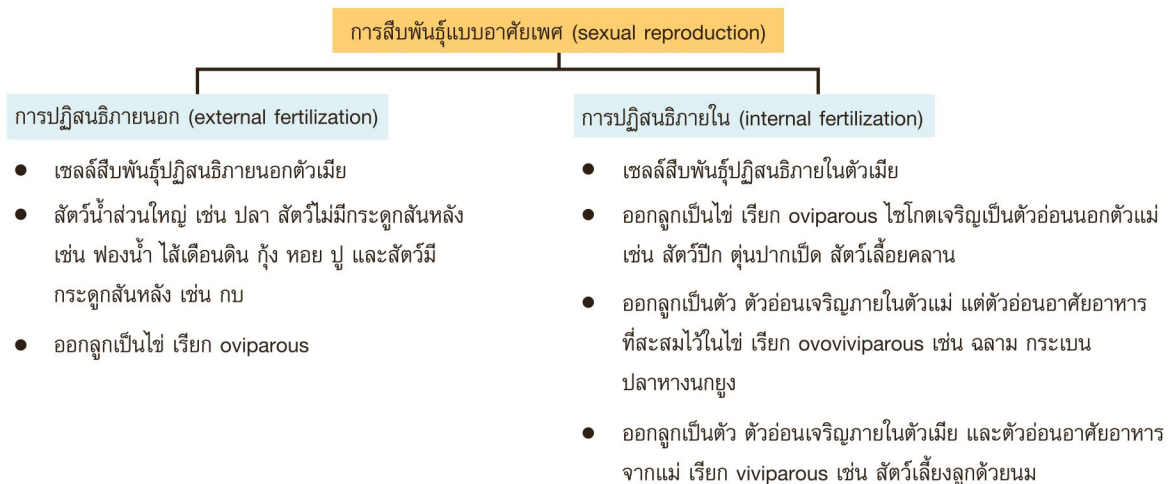
การงอกใหม่ (regeneration)

- ▶ กรณีจัดเป็นการสืบพันธุ์ เช่น พลาเนเรีย ดาวทะเล ดอกไม้ทะเล เป็นการงอกอวัยวะขึ้นทดแทนอวัยวะที่ได้รับความเสียหายหรือหุดหายไป และได้เป็นตัวใหม่ขึ้นมา
- ▶ กรณีที่ไม่จัดเป็นการสืบพันธุ์ เช่น การงอกใหม่ของหางจิ้งจก จิ้งจกน้ำ ซาลาแมนเดอร์ เมื่ออวัยวะได้รับความเสียหายจะงอกใหม่ขึ้นมาทดแทนส่วนที่ขาดหายบนตัวเดิมเท่านั้น



การแตกสปอร์ (sporulation) พบในพวกฟังไจเป็นการสืบพันธุ์ที่เกิดจากการแบ่งนิวเคลียสหลายๆ ครั้ง แล้วค่อยแบ่งไซโทพลาซึมภายหลัง จากนั้นสิ่งมีชีวิตจะมีการสร้างเยื่อเป็นชั้นๆ แต่ละส่วนจะมีนิวเคลียส 1 อัน เรียกว่า สปอร์ (spore)

5.2 การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (sexual reproduction)



oviparous = ปฏิสนธิภายในหรือภายนอก ออกลูกเป็นไข่ เช่น นก ไก่ ปลา กบ

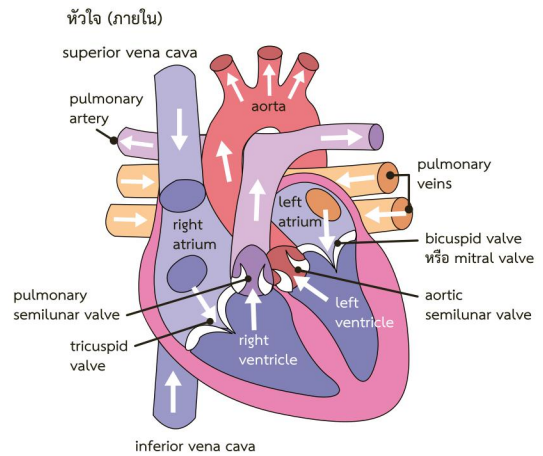
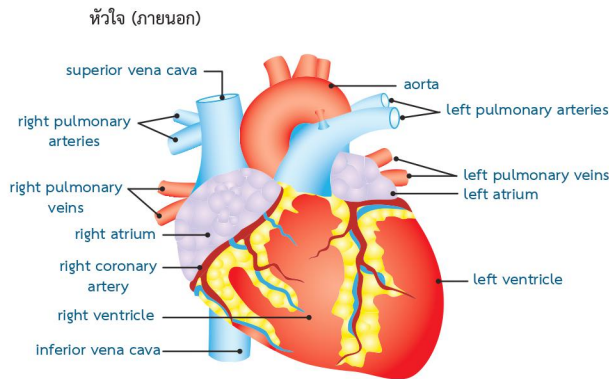
ovoviviparous = ปฏิสนธิภายใน ออกลูกเป็นตัว ตัวอ่อนอาศัยอาหารที่สะสมในไข่ เช่น ปลาหางนกยูง ฉลาม

viviparous = ปฏิสนธิภายใน ออกลูกเป็นตัว ตัวอ่อนอาศัยอาหารที่ได้จากแม่ เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

6.1.4 ระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์

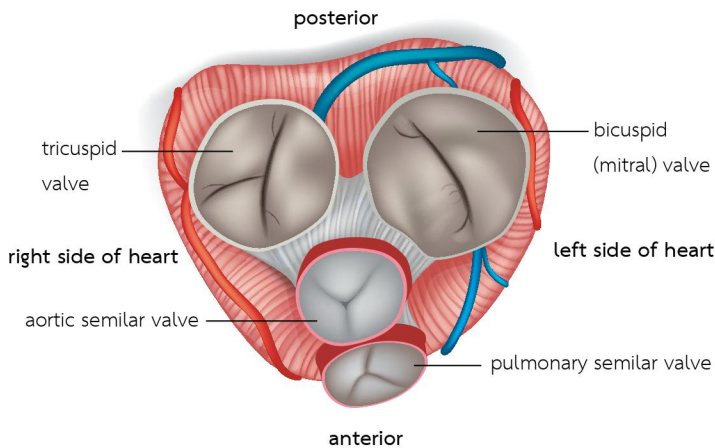
ระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์มีองค์ประกอบสำคัญ 3 เรื่อง คือ 1. หัวใจ 2. หลอดเลือด และ 3. เลือด

1. หัวใจ



หัวใจ

- มีเยื่อหุ้มที่เรียกว่า เยื่อเพอริคาร์เดียม (pericardium) หุ้มอยู่
- หัวใจมนุษย์มี 4 ห้อง คือ หัวใจห้องบน 2 ห้อง ได้แก่ ห้องขวาบน (right atrium) และห้องซ้ายบน (left atrium) และหัวใจห้องล่าง 2 ห้อง ได้แก่ ห้องขวาล่าง (right ventricle) และห้องซ้ายล่าง (left ventricle)



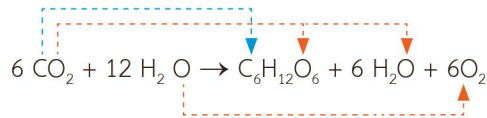
การทำงานของลิ้นหัวใจ

▲ (Cr. HCL Learning)

ลิ้นหัวใจเป็นโครงสร้างที่ป้องกันเลือดไม่ให้ไหลย้อนกลับ มี 4 ตำแหน่ง คือ

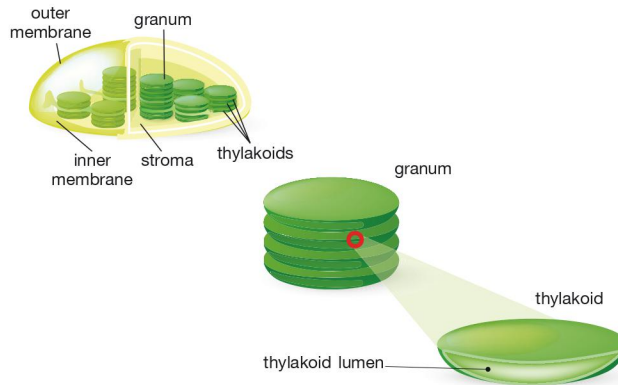
- ① ลิ้นหัวใจระหว่างหัวใจห้องขวาบนและหัวใจห้องขวาล่างเรียกว่า **tricuspid valve** มีลักษณะมองเห็นเป็น 3 แฉก (tri=3)
- ② ลิ้นหัวใจบริเวณหัวใจห้องขวาล่างกับหลอดเลือด pulmonary artery เรียกว่า **pulmonary semilunar valve** (semi- ครึ่งหนึ่ง, lunar- พระจันทร์ ลิ้นหัวใจนี้จึงเหมือนพระจันทร์ครึ่งเสี้ยว 3 อันมาบรรจบกัน)
- ③ ลิ้นหัวใจระหว่างหัวใจห้องซ้ายบนและหัวใจห้องซ้ายล่างเรียกว่า **bicuspid valve** มีลักษณะมองเห็นเป็น 2 แฉก (bi=2)
- ④ ลิ้นหัวใจบริเวณหัวใจห้องซ้ายล่างกับหลอดเลือด aorta เรียกว่า **aortic semilunar valve**

สมการของการสังเคราะห์ด้วยแสง



12.2 กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

12.2.1 โครงสร้างของคลอโรพลาสต์



มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น (double unit membrane ประกอบด้วย inner membrane และ outer membrane) เช่นเดียวกับไมโทคอนเดรีย

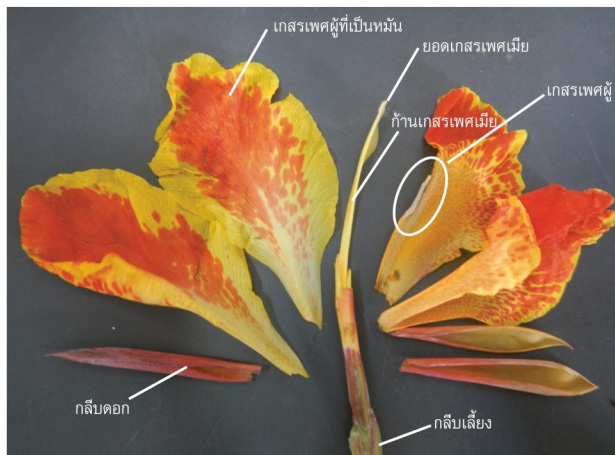
- ▶ ไทลาคอยด์ (thylakoid) เป็นแผ่นเยื่อบางๆ ที่ซ้อนทับกันเป็นตึกเรียกว่า กรานุม (granum) โดยบริเวณเยื่อหุ้มของไทลาลอยด์มีกลุ่มสารสี คลอโรฟิลล์ โปรตีนและไขมันต่างๆ ทั้งนี้ที่เยื่อหุ้มไทลาคอยด์เป็นบริเวณที่ดูดซับพลังงานแสงจนเกิดปฏิกิริยาแสง (light reaction) และช่องว่างภายในไทลาคอยด์เรียกว่า ลูเมน (lumen) หรือ thylakoid space ประกอบด้วยเอนไซม์ต่างๆ ที่ลูเมนจะเกิดปฏิกิริยาการแตกตัวของน้ำ (photolysis)
- ▶ สโตรมา (stroma) เป็นช่องเหลวภายในคลอโรพลาสต์ ภายในมีเอนไซม์หลายชนิด บริเวณนี้เกิดปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (Calvin cycle)

12.2.2 สารสีในปฏิกิริยาแสง

- ▶ ตารางแสดงชนิดของสารสีที่พบในสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ

กำหนดให้ เครื่องหมาย ✓ แทนการมีและเครื่องหมาย ✗ แทนการไม่มี

ประเภทและชนิดของสิ่งมีชีวิต	คลอโรฟิลล์				แคโรทีนอยด์	ไฟโคบิลิน	แบคทีอริโอคลอโรฟิลล์			
	เอ	บี	ซี	ดี			เอ	บี	ซี	ดี
ยูคาริโอต										
มอส	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
เฟิน	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
พืชดอก	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗



กลีบสีสวยๆ ของดอกพุทธรักษา คือ ส่วนเกสรเพศผู้ที่เป็นหมัน (staminode)

Quiz Yourself

1) ถุงเอ็มบริโอของขบาเทียบได้กับโครงสร้างใดของเฟิร์นข้าหลวงหลังลาย

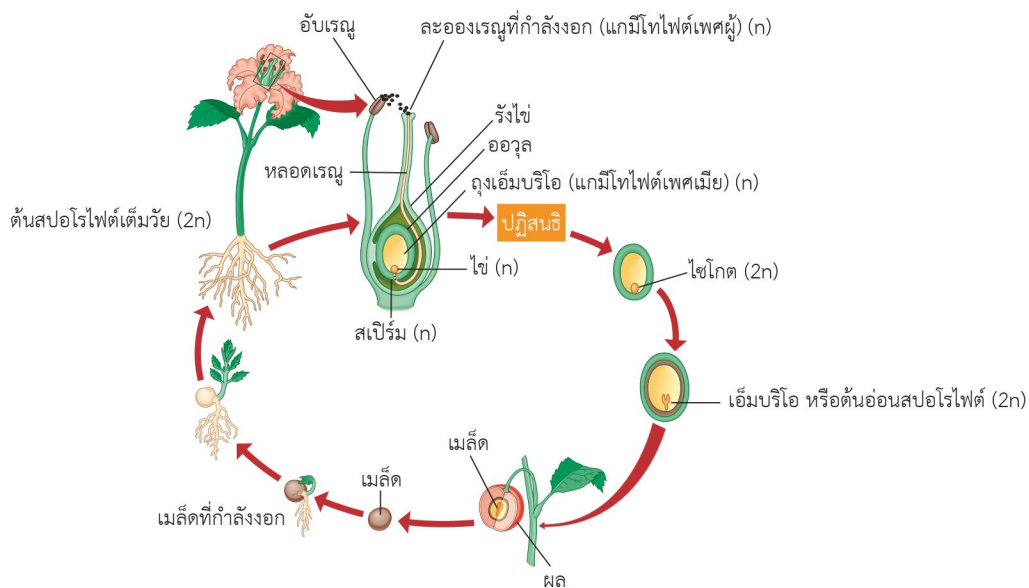
1. อาร์คิโกเนียม

2. ไชโกต

3. แกมีโทไฟต์เพศเมีย

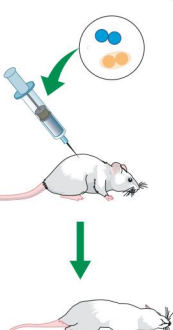
4. อับสปอร์

► สรุปวัฏจักรของพืชดอกอย่างง่าย



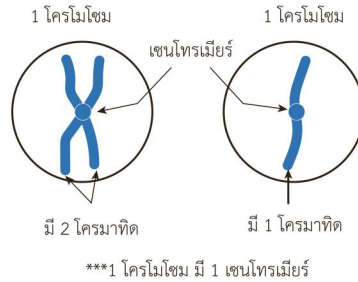


16.2 การค้นพบสารพันธุกรรม

ค.ศ. 1869	ฟรีดริค มิเชอร์ (Friedrich Miesher) ค้นพบกรดนิวคลีอิกในนิวเคลียสของเซลล์เม็ดเลือดขาว																									
ค.ศ. 1914	โรเบิร์ต ฟอยล์เกน (Robert Feulgen) พัฒนาสีย้อมฟุคซินและคิดค้นวิธีการย้อมกรดนิวคลีอิกภายในเซลล์พบว่าสีย้อมติดที่นิวเคลียสและกระจุกหนาแน่นที่โครโมโซม จึงสรุปว่าดีเอ็นเออยู่ที่โครโมโซมนำมาสู่การทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าแท้จริงแล้วสารพันธุกรรม คือ โปรตีน หรือดีเอ็นเอกันแน่																									
ค.ศ. 1928	เฟรเดอริก กริฟฟิท ทำการทดลองโดยฉีดแบคทีเรียโรคปอดบวม <i>Streptococcus pneumonia</i> ซึ่งมี 2 สายพันธุ์เข้าไปในหนู คือ สายพันธุ์ R (rough) ไม่ทำให้เกิดโรคปอดบวม และสายพันธุ์ S (smooth) ทำให้เกิดโรคปอดบวม การทดลองแบ่งออกเป็นดังนี้ 1. ฉีดสายพันธุ์ R เข้า  หนูมีชีวิตรอด 2. ฉีดสายพันธุ์ S เข้าหนู  หนูตาย 3. ฉีดสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อน  หนูมีชีวิตรอด 4. ฉีดสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อน + สายพันธุ์ R  หนูตาย สรุปได้ว่า มีสารบางอย่างจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อนแล้วส่งเข้าไปในสายพันธุ์ R แล้วเปลี่ยนให้แบคทีเรียสายพันธุ์ R เป็นสายพันธุ์ S กริฟฟิทเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ทรานส์ฟอร์มเมชัน (transformation)																									
ค.ศ. 1944	เอเวอรี่, แมคคลอยด์ และแมคคาร์ที ทดลองโดยสกัดสารจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อนออกมา ใส่หลอดทดลองทั้ง 4 ทั้งไว้ระยะหนึ่งและนำไปเลี้ยงในอาหาร ปรากฏว่า <table><tr><th>หลอดที่</th><th>สาร</th><th>แบคทีเรีย</th><th>เอนไซม์</th><th>ผลการทดลอง</th></tr><tr><td>1</td><td>สารสกัดจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อน</td><td>สายพันธุ์ R</td><td>RNase (เอนไซม์ย่อย RNA)</td><td>พบแบคทีเรียสายพันธุ์ S</td></tr><tr><td>2</td><td>สารสกัดจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อน</td><td>สายพันธุ์ R</td><td>DNase * * (เอนไซม์ย่อย DNA)</td><td>ไม่พบแบคทีเรียสายพันธุ์ S</td></tr><tr><td>3</td><td>สารสกัดจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อน</td><td>สายพันธุ์ R</td><td>Protease (เอนไซม์ย่อยโปรตีน)</td><td>พบแบคทีเรียสายพันธุ์ S</td></tr><tr><td>4</td><td>สารสกัดจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อน</td><td>สายพันธุ์ R</td><td>-</td><td>พบแบคทีเรียสายพันธุ์ S</td></tr></table> สรุปได้ว่า ดีเอ็นเอเป็นสารพันธุกรรม เพราะเมื่อใส่ DNase ในหลอดทดลองที่ 2 เพื่อไปย่อยสายดีเอ็นเอ จึงไม่เหลือดีเอ็นเอที่จะเปลี่ยนให้แบคทีเรียสายพันธุ์ R เป็นสายพันธุ์ S และยังทำให้เราเข้าใจว่าดีเอ็นเอมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดพันธุกรรม	หลอดที่	สาร	แบคทีเรีย	เอนไซม์	ผลการทดลอง	1	สารสกัดจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อน	สายพันธุ์ R	RNase (เอนไซม์ย่อย RNA)	พบแบคทีเรียสายพันธุ์ S	2	สารสกัดจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อน	สายพันธุ์ R	DNase * * (เอนไซม์ย่อย DNA)	ไม่พบแบคทีเรียสายพันธุ์ S	3	สารสกัดจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อน	สายพันธุ์ R	Protease (เอนไซม์ย่อยโปรตีน)	พบแบคทีเรียสายพันธุ์ S	4	สารสกัดจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อน	สายพันธุ์ R	-	พบแบคทีเรียสายพันธุ์ S
หลอดที่	สาร	แบคทีเรีย	เอนไซม์	ผลการทดลอง																						
1	สารสกัดจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อน	สายพันธุ์ R	RNase (เอนไซม์ย่อย RNA)	พบแบคทีเรียสายพันธุ์ S																						
2	สารสกัดจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อน	สายพันธุ์ R	DNase * * (เอนไซม์ย่อย DNA)	ไม่พบแบคทีเรียสายพันธุ์ S																						
3	สารสกัดจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อน	สายพันธุ์ R	Protease (เอนไซม์ย่อยโปรตีน)	พบแบคทีเรียสายพันธุ์ S																						
4	สารสกัดจากแบคทีเรียสายพันธุ์ S ที่ทำให้ตายด้วยความร้อน	สายพันธุ์ R	-	พบแบคทีเรียสายพันธุ์ S																						

16.3 โครโมโซม

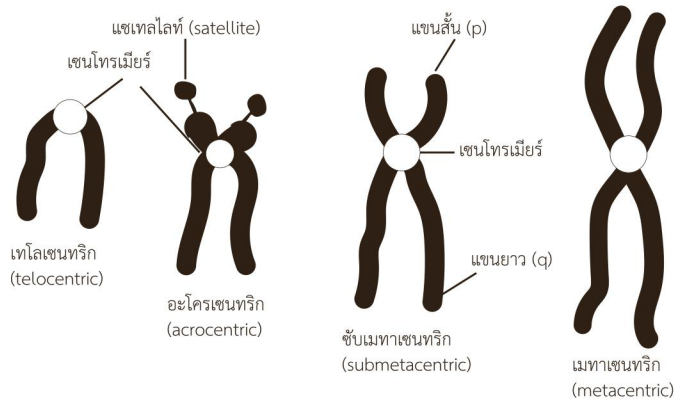
รูปร่างและประเภทของโครโมโซม



***1 โครโมโซม มี 1 เซนโทรเมียร์

โครโมโซม (chromosome) คือ ดีเอ็นเอที่พันกันกับโปรตีนฮิสโตน ขดสั้นและหนาขึ้นจนเห็นเป็นแท่งได้ชัด

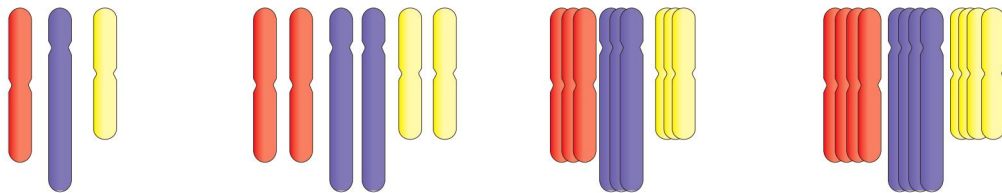
โครมาทิด (chromatid) คือ ดีเอ็นเอแต่ละชุดที่เกิดจากการจำลองดีเอ็นเอ ในระหว่างที่เกิดการแบ่งเซลล์จะปรากฏเป็นโครโมโซมที่มีลักษณะเป็นเส้นคู่ เรียกว่า 2 โครมาทิด ทั้งคู่จะติดกันที่บริเวณเซนโทรเมียร์ (centromere)



เซนโทรเมียร์ (centromere) คือ บริเวณคอของโครโมโซมที่โครมาทิดสองแท่งมาติดกัน มีโปรตีนไคเนโทคอร์ (kinetochore) ที่จับกับเส้นใยสปินเดิล ในระยะแอนาเฟสเส้นใยสปินเดิลจะดึงโครมาทิดทั้ง 2 ออกจากกัน

สีย้อมโครโมโซม ได้แก่ สีอะซิโทคาร์มิน (acetocarmine) ดิดีสแดง และสีฮีมาทอกซิลิน (hematoxylin) ดิดีสีม่วง

จำนวนชุดของโครโมโซม



▲ (Cr. wikipedia.org)

แฮพลอยด์ (haploid) n

มีโครโมโซม 1 ชุด พบในเซลล์

สืบพันธุ์ เซลล์ของฝั่ม มด ต่อ

แตนเพศผู้ เส้นใยเห็ดรา สาหร่าย

ชั้นต่ำ แกมีโทไฟต์มอส

ดิพลอยด์ (diploid) $2n$

มีโครโมโซม 2 ชุด พบใน

เซลล์ร่างกาย (somatic cell)

สิ่งมีชีวิตทั่วไป ฝั่ม มด ต่อ

แตนเพศเมีย

ทริพลอยด์ (triploid) $3n$

มีโครโมโซม 3 ชุด

เตตราพลอยด์ (tetraploid) $4n$

มีโครโมโซม 4 ชุด

พอลิพลอยด์ (polyploid) มีโครโมโซมมากกว่า 2 ชุด เช่น ทริพลอยด์และเตตราพลอยด์ พบในพืชหลายชนิด เช่น

ข้าวสาลี ข้าวโพด พืชกลุ่มกะหล่ำ มันฝรั่ง พบในสัตว์บางชนิด เช่น ปลาคาร์พ ปลาหมอสี ปลาหาง



- ล้านปี
- พบซากฟอสซิลที่สมบูรณ์ที่ตอนเหนือของเอธิโอเปีย - เป็นเพศเมียตั้งชื่อว่า ลูซี่ (Lucy)
 - เดินสองขาได้แต่เคลื่อนไหวที่บนต้นไม้เป็นหลัก - สมองขนาด 400-500 cm³

 ▲ (linkedin.com)	 ▲ (linkedin.com)	 ▲ (linkedin.com)
<i>Homo erectus</i>	<i>Homo neanderthalensis</i>	<i>Homo sapiens</i>
▶ อพยพออกจากแอฟริกา พบที่เกาะชวา เรียก มนุษย์ชวา และพบที่จีน เรียก มนุษย์ปักกิ่ง ▶ สมองขนาด 1,100 cm³ ▶ รู้จักใช้ไฟและประดิษฐ์เครื่องมือหินที่ละเอียดขึ้น ▶ มีการพัฒนาด้านวัฒนธรรม สังคม และการใช้ภาษา	▶ บางตำราให้เป็นซัพสปีชีส์ของมนุษย์ปัจจุบัน (<i>Homo sapiens neanderthalensis</i>) ▶ สมองขนาด 1,400 cm³ ▶ กะโหลกแตกต่างจากมนุษย์ปัจจุบัน คือ มีกระดูกคี่ยื่นออกมา จมูกกว้าง คางสั้น ▶ รวมกลุ่มเป็นสังคมล่าสัตว์ ใช้ไฟและหนังสัตว์นึ่งหนม มีวัฒนธรรมฝังศพ ▶ กระจายตั้งแต่ยุโรป ตะวันออกกลาง แอฟริกา จีน	▶ เช่น มนุษย์โครแมกันย (Cro-magnon) พบที่ฝรั่งเศส ▶ สมองขนาด 1,400-1,600 cm³ ▶ ประดิษฐ์เครื่องมือหินที่ซับซ้อนและเหมาะสมกับการใช้งาน ▶ มีการล่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดใหญ่จนเริ่มสูญพันธุ์ ▶ พบภาพวาดสัตว์บนผนังถ้ำ และงานแกะสลักกระดูกและเขาสัตว์



กลุ่ม	ลักษณะ	ตัวอย่าง
ไมซีโทซัว (Mycetozoa) กลุ่มราเมือก	แบบพลาสโมเดียม (หลายนิวเคลียส) และ แบบเซลล์ูลาร์ (นิวเคลียสเดี่ยว)	<i>Physarum</i> เกิดโรคยืนต้นตายในพืช <i>Stemonitis</i> ย่อยสลายขอนไม้และใบไม้
ไรโซโพอดา (Rhizopoda)	ใช้เท้าเทียม	<i>Entamoeba histolytica</i> ก่อโรคบิดมีตัว

▶ ตารางสรุปอาณาจักรฟังไจ

ไฟลัม	ไฮฟา	สปอร์ไม่อาศัยเพศ	สปอร์อาศัยเพศ	ตัวอย่าง
ไคทริดิโอไมโคตา	ไม่มีเยื่อชั้น (aseptate)	สปอร์มีแฟลเจลลา (zoospore)	สปอร์มีแฟลเจลลา (zoospore) หรือสปอร์ในอับสปอร์	ไคทริด
ไซโกไมโคตา		สปอร์ในอับสปอร์ (sporangiospore)	ไซโกสปอร์ (zygospore)	ราดำ <i>Rhizopus</i> และ <i>Mucor</i> บนขนมปัง
แอสโคไมโคตา	มีเยื่อชั้น (septate)	สปอร์ในอับสปอร์ (spo- rangiospore) หรือสปอร์ จากการแตกหัก (conidia)	แอสโคสปอร์ (ascospore) ในถุง แอสคัส (ascus)	ยีสต์ เห็ดโมเรล ทรัฟเฟิล ราแดง
เบสิดิโอไมโคตา		สปอร์จากการแตกหัก (conidia)	เบสิดิโอสปอร์ (basidiospore) บนเบสิดิเทียมได้ฟรุติติงบอดี	ราสนิม ราเขม่าดำ เห็ดโคน เห็ดฟาง และไมคอร์ไรซา บางชนิด เช่น เห็ดถอบหรือ เห็ดเผาะ

▶ ตารางสรุปอาณาจักรพืช

ไฟลัม	ท่อลำเลียง	ราก ลำต้น ใบ	สปอร์	เมล็ด	ผล	ระยะที่เด่น	ตัวอย่าง
เซปาโทไฟตา	✕	✕	ชนิดเดียว	✕	✕	แกมีโทไฟต์	ลิเวอร์เวิร์ท
แอนโทไซโรไฟตา							ฮอร์นเวิร์ท
ไบรโอไฟตา							มอส
ไลโคไฟตา							
▶ ไลโคโพเดียม	✓	มีราก มีลำต้น ใบแท้จริง	ชนิดเดียว	✕	✕	สปอโรไฟต์	ซ็องนางคลี่ สร้อยนางกรอง สร้อยสุกรม สามร้อยยอด ทางสิงห์
▶ ซีแลกจิเนลลา			สองชนิด				ดินตึกแก หญ้าร้างไก่ กนกนารี พอค้ายตีเมีย
▶ ไอโซเทส							กระเทียมน้ำ กระเทียมมนา

ไฟล์้ม	ท้อล่ำเลียง	ราก ลำต้น ใบ	สปอ์	เมล็ด	ผล	ระยะที่เด่น	ตัวอย่าง
เทอโรไฟตา							
▶ ไฮโลดัม	✓	ไม่มีราก ใบ	แบบเดี่ยว	✕	✕	สปอโรไฟต์	หวายทะนอย สะย้า
▶ อีคิวเซดัม		✓					หญ้าถอดปล้อง หญ้าหางม้า
▶ เฟิน		แบบเดี่ยว (ชนิดบก) สองแบบ (ชนิดในน้ำ)	ข้าหลวงหลังลาย ผักแว่น ชายผ้าสีดา ย่านลิเภา แห่นแดง จอกหูหนู กูดเกียะ				
พืชเมล็ดเปลือย (จิมโนสเปิร์ม)							
ไซแคโดไฟตา	✓	✓	สองแบบ	✓	✕	สปอโรไฟต์	ปรง ปรงป่า ปรงเขา
กิงโกไฟตา							แปะก๊วย
โคนิเฟอโรไฟตา							สนสองใบ สนสามใบ สนสามพันปี สนเฟอร์ สนสปรูซ
นีโทไฟตา							มะเมื่อย ผักเหลียง เวลวิทเซีย มั่วอึ้ง
แอนโทไฟตา (พืชดอกหรือ แองจิโอสเปิร์ม)	✓	✓	สองแบบ	✓	✓	สปอโรไฟต์	แอมโบเรลลา บัวสาย โป๊ยก็๊ก จำปี จำปา พืชใบเลี้ยงเดี่ยว พืชใบเลี้ยงคู่



▲ (Cr. Behzad Ghorbani)



▲ (Cr. TheSunriseer)



▲ (Cr. Nick Gurdon)



▲ (Cr. Caters Clips)

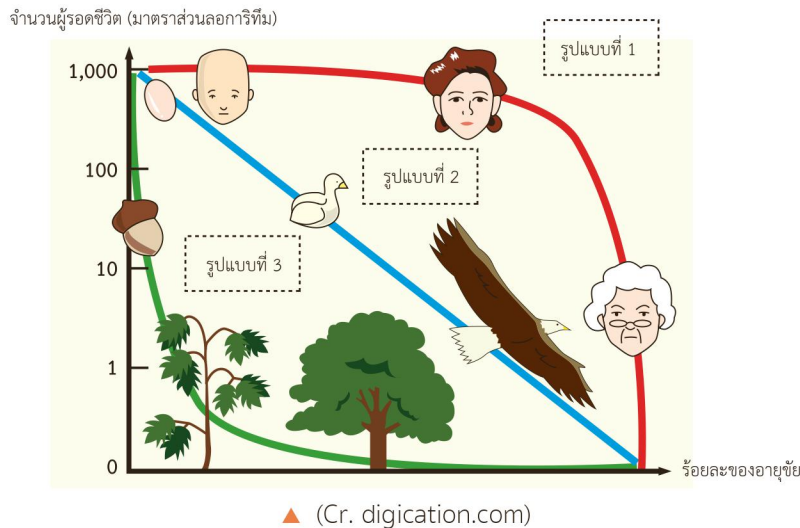


▲ (Cr. River Monsters)



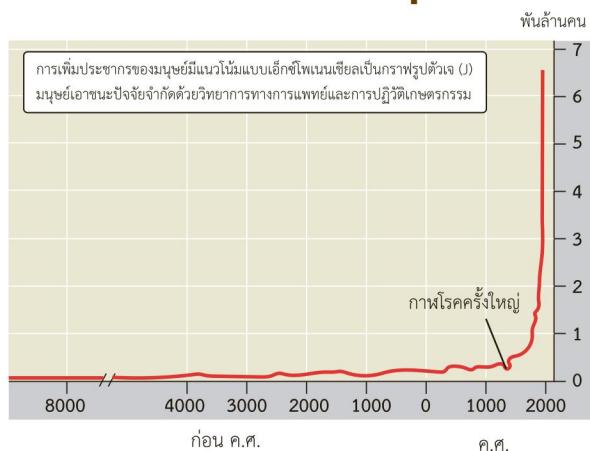
▲ (Cr. W. Makerd)

21.4 กราฟการรอดชีวิตของประชากร (survivorship curve)



รูปแบบที่ 1 (Type I)	รูปแบบที่ 2 (Type II)	รูปแบบที่ 3 (Type III)
▶ วัยแรกเกิดอัตราการรอดชีวิตสูง	▶ อัตราการรอดชีวิตเท่ากันทุกวัย	▶ วัยแรกเกิดอัตราการรอดชีวิตต่ำ
▶ โตขึ้นอัตราการคงที่		▶ โตขึ้นอัตราการรอดชีวิตสูงขึ้น
▶ สูงวัยอัตราการต่ำ		
▶ ออกลูกจำนวนน้อย มีการดูแลของพ่อแม่	▶ ออกลูกจำนวนปานกลาง	▶ ออกลูกครั้งละมากๆ
▶ พบในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดใหญ่ มนุษย์	▶ นก เต่า ไฮโดร สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดเล็ก	▶ ปลา หอย สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง พืช

21.5 ประชากรมนุษย์



$$\text{อัตราการเกิดเชิงประเมิน} = \frac{\text{จำนวนสิ่งมีชีวิตที่เกิด}}{\text{จำนวนสิ่งมีชีวิตทั้งหมด}} \times 1,000 \text{ (หรือ 100)}$$

$$\text{อัตราการตายเชิงประเมิน} = \frac{\text{จำนวนสิ่งมีชีวิตที่ตาย}}{\text{จำนวนสิ่งมีชีวิตทั้งหมด}} \times 1,000 \text{ (หรือ 100)}$$