วิวัฒนาการ (Evolution)

สราวุธ คลอวุฒิมันตร์
คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

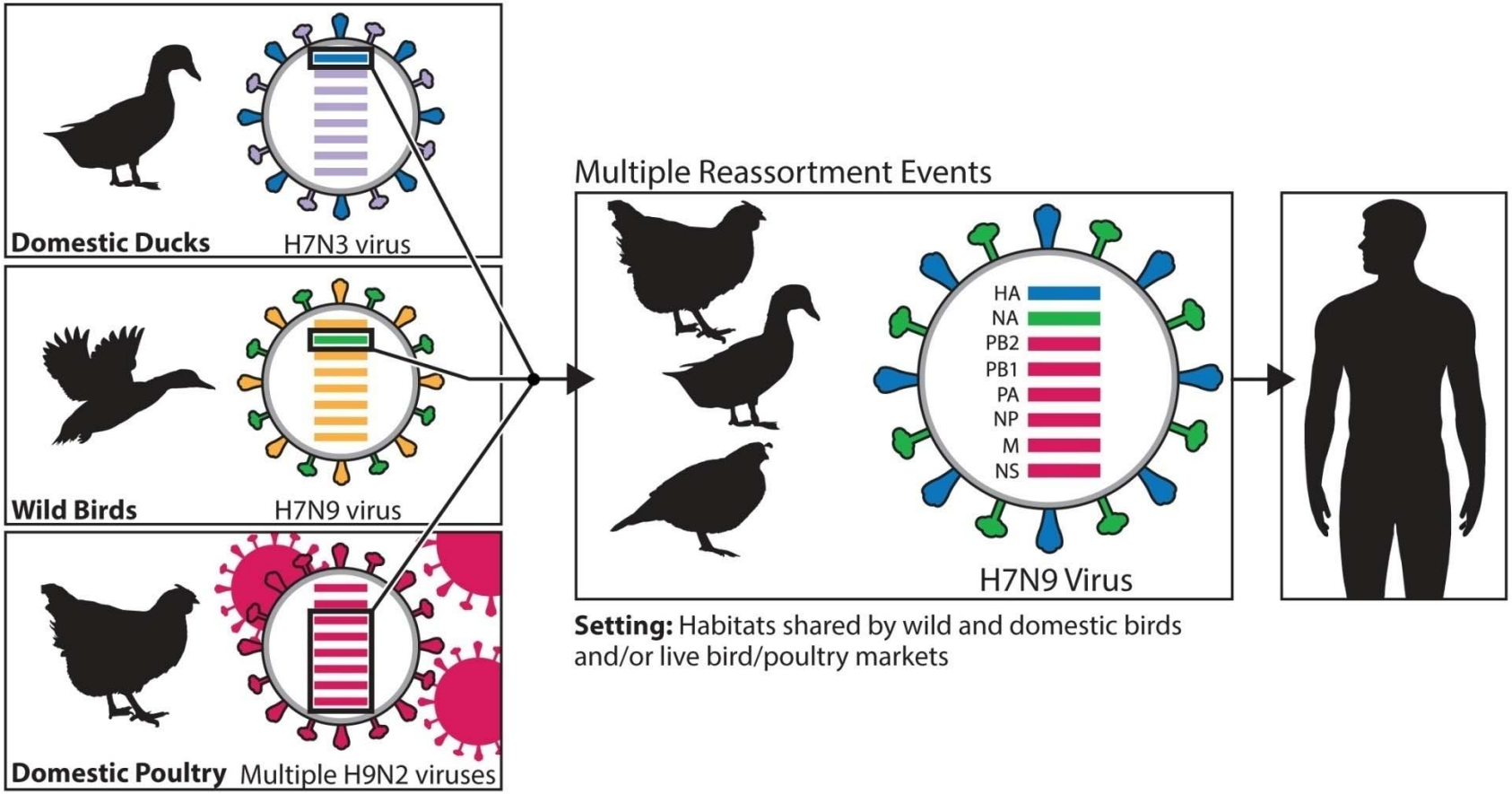
วิวัฒนาการ (Evolution)

- การเปลี่ยนแปลงในระดับจีนของสิ่งมีชีวิตซึ่งก่อให้เกิดความแตกต่างจากรุ่นพ่อแม่ และถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อ ๆ ไปได้
- สิ่งที่เกิดจากกระบวนการวิวัฒนาการทำให้เกิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และมักมีแนวโน้มที่จะเพิ่มความซับซ้อนของสิ่งมีชีวิต

วิวัฒนาการ

- ความรู้ด้านวิวัฒนาการทำให้
  - รู้การเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิต
    - การดื้อยา/ การเกิดโรคใหม่ๆ / ความหลากหลายทางชีวภาพ
  - เข้าใจกระบวนการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิต

Genetic Evolution of H7N9 Virus in China, 2013



Setting: Habitats shared by wild and domestic birds and/or live bird/poultry markets

The eight genes of the H7N9 virus are closely related to avian influenza viruses found in domestic ducks, wild birds and domestic poultry in Asia. The virus likely emerged from "reassortment," a process in which two or more influenza viruses co-infect a single host and exchange genes. This can result in the creation of a new influenza virus. Experts think multiple reassortment events led to the creation of the H7N9 virus. These events may have occurred in habitats shared by wild and domestic birds and/or in live bird/poultry markets, where different species of birds are bought and sold for food. As the above diagram shows, the H7N9 virus likely obtained its HA (hemagglutinin) gene from domestic ducks, its NA (neuraminidase) gene from wild birds, and its six remaining genes from multiple related H9N2 influenza viruses in domestic poultry.

หลักฐานของการวิวัฒนาการ

- บันทึกฟอสซิล (Fossil record)
- Fossil = สิ่งที่หลงเหลืออยู่หรือร่องรอยของสิ่งมีชีวิตในยุคก่อนประวัติศาสตร์ที่ฝังอยู่ในหินหรือถูกรักษาในสภาพของหิน
  - ซาก, รอยเท้า, คราบ, รอยพิมพ์ ฯลฯ

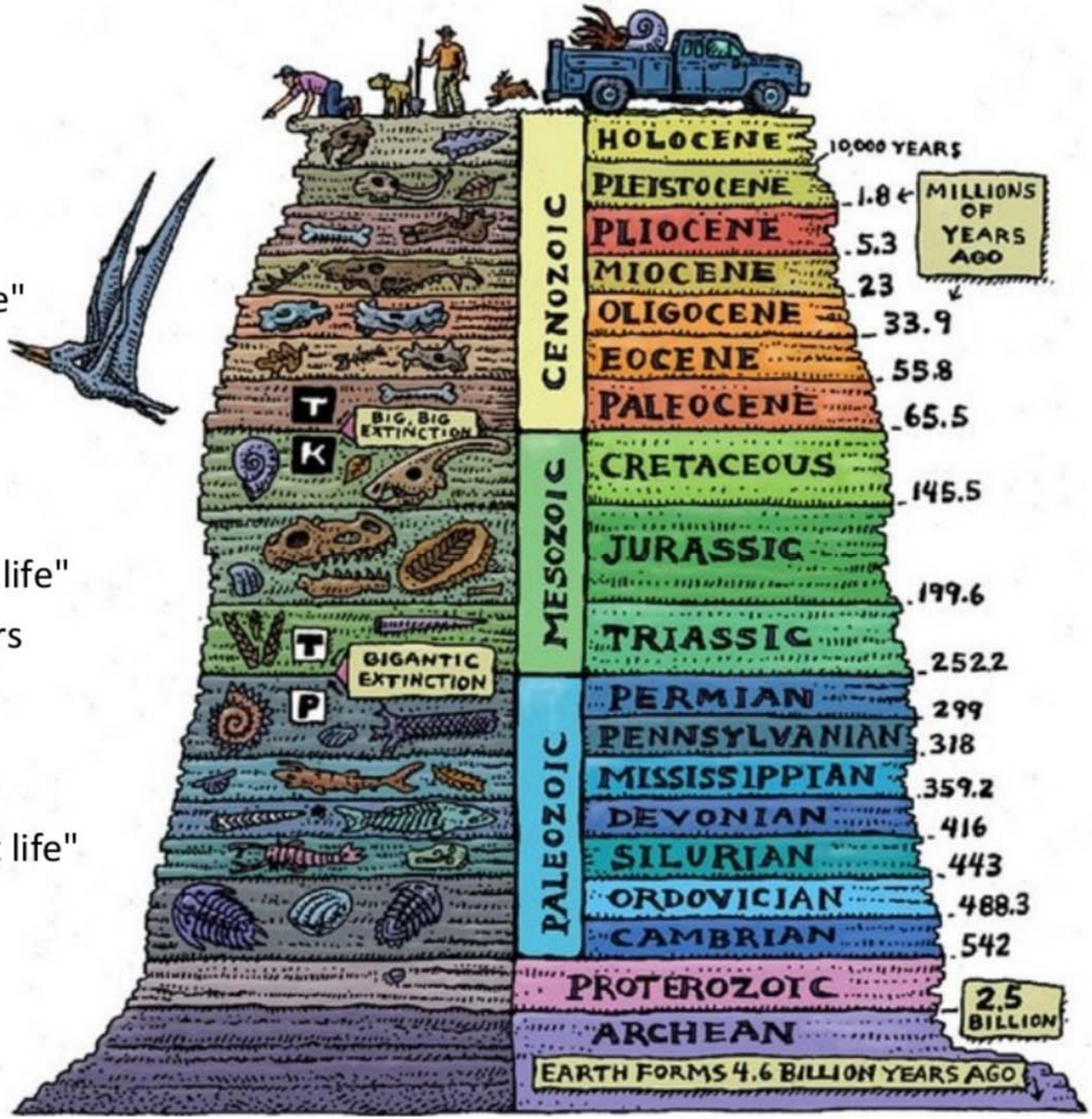
……the most complete bird ever encased in Burmese amber

- **a tiny hatchling that lived 99 million years ago**, ……..

Science: 8th June 2017

- Cenozoic
  - "new life"
- Mesozoic
  - "middle life"
  - dinosaurs
- Paleozoic
  - "ancient life"

Precambrian



Fossilization (การเกิดซากดึกดำบรรพ์)

Fossilization (การเกิดซากดึกดำบรรพ์)

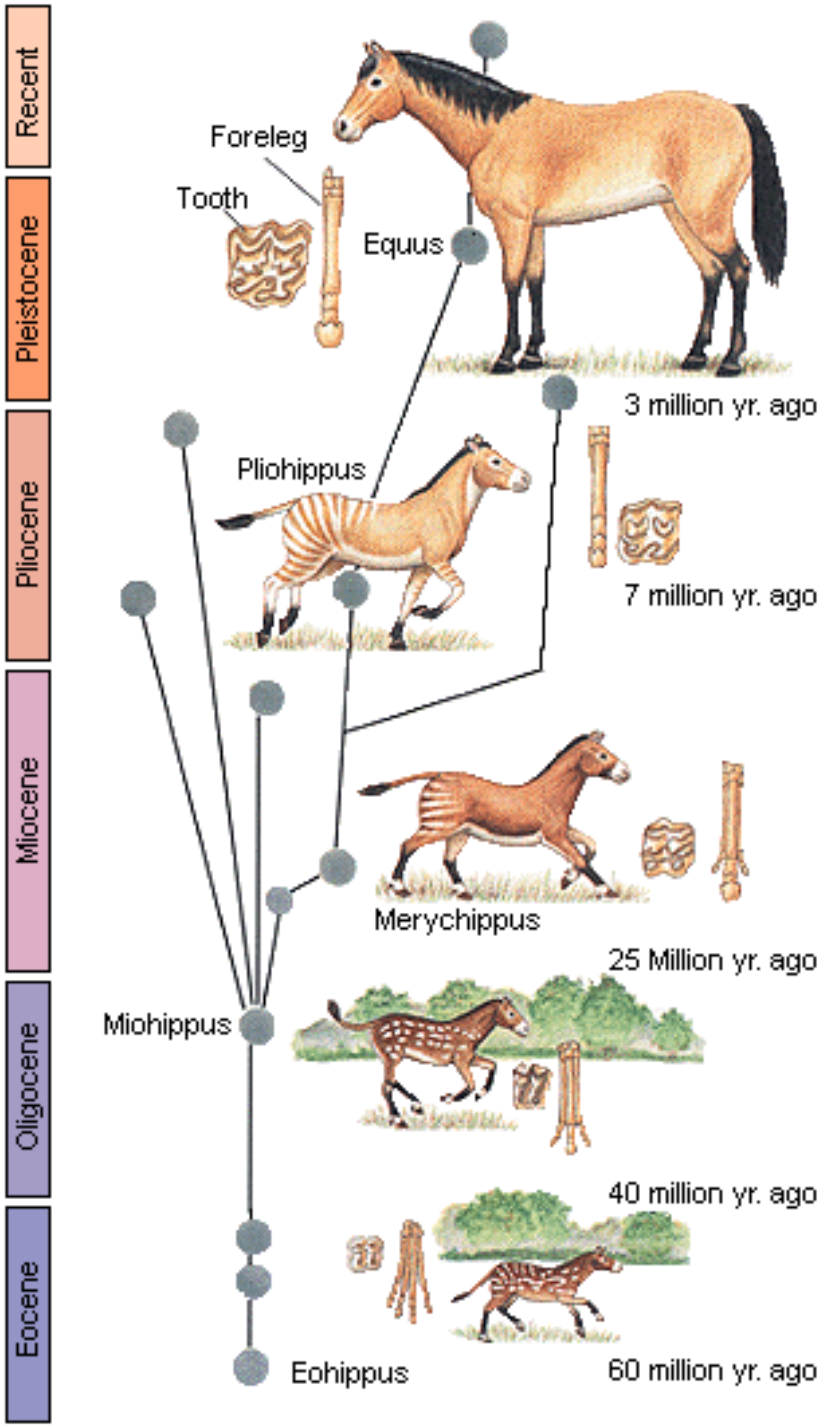
Fossilization (การเกิดซากดึกดำบรรพ์)

Fossilization (การเกิดซากดึกดำบรรพ์)

Fossilization (การเกิดซากดึกดำบรรพ์)

บันทึกฟอสซิล

- ทำให้รู้เกี่ยวกับ
  - วิวัฒนาการ
  - นิเวศวิทยา
  - ลักษณะรูปร่างและหน้าที่
  - การเติบโต
  - การแพร่กระจาย

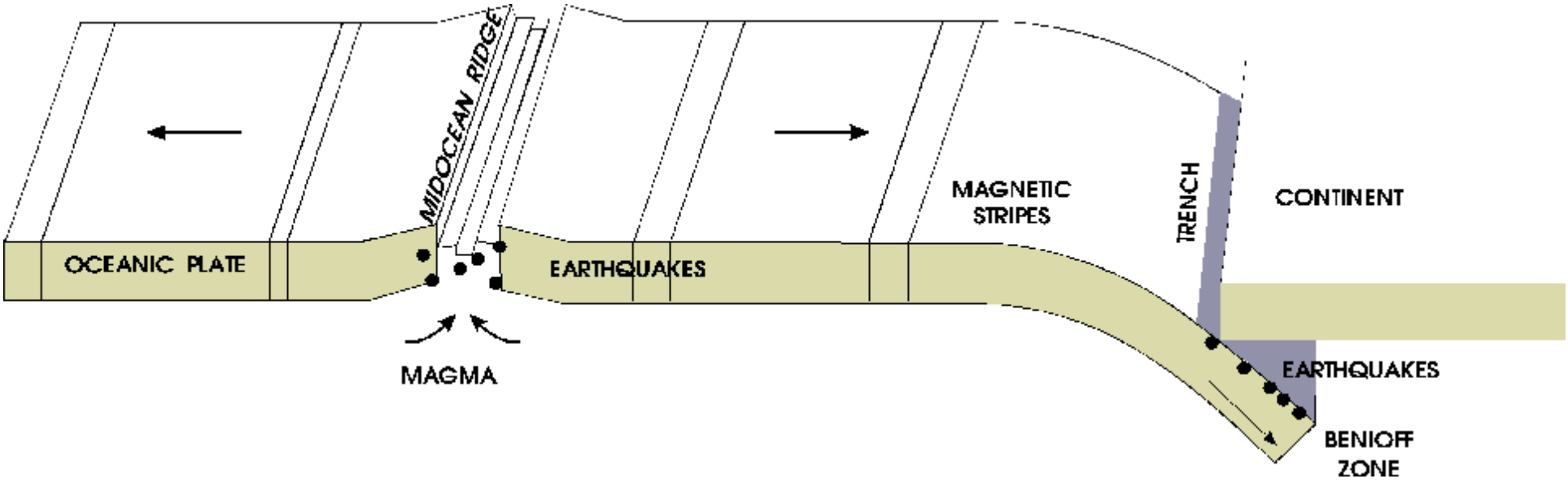

Recent
Pleistocene
Pliocene
Miocene
Oligocene
Eocene
Foreleg
Tooth
Equus
3 million yr. ago
Pliohippus
7 million yr. ago
Merychippus
25 Million yr. ago
Miohippus
40 million yr. ago
Eohippus
60 million yr. ago

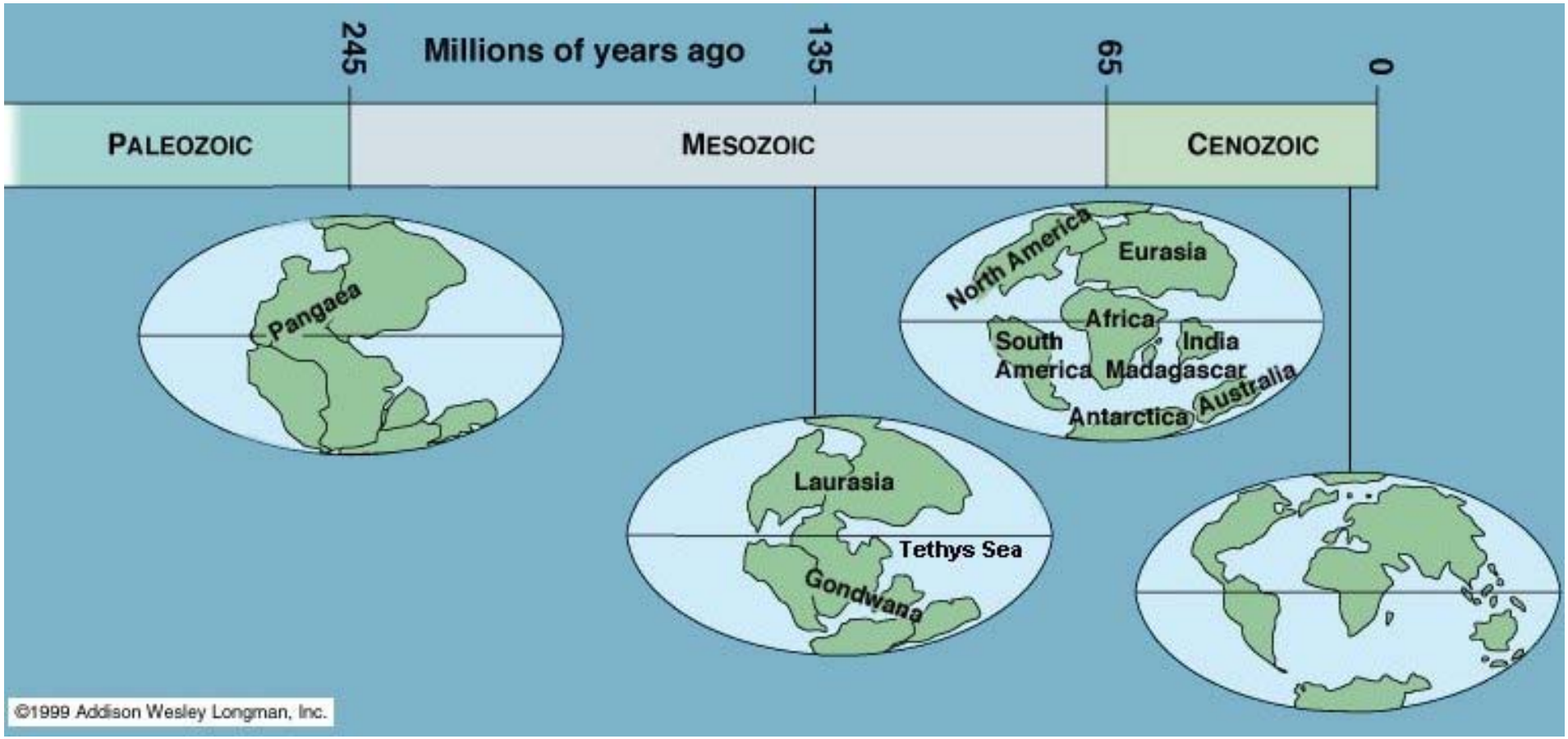
ตัวอย่างฟอสซิลที่มีชีวิต (Living fossil)

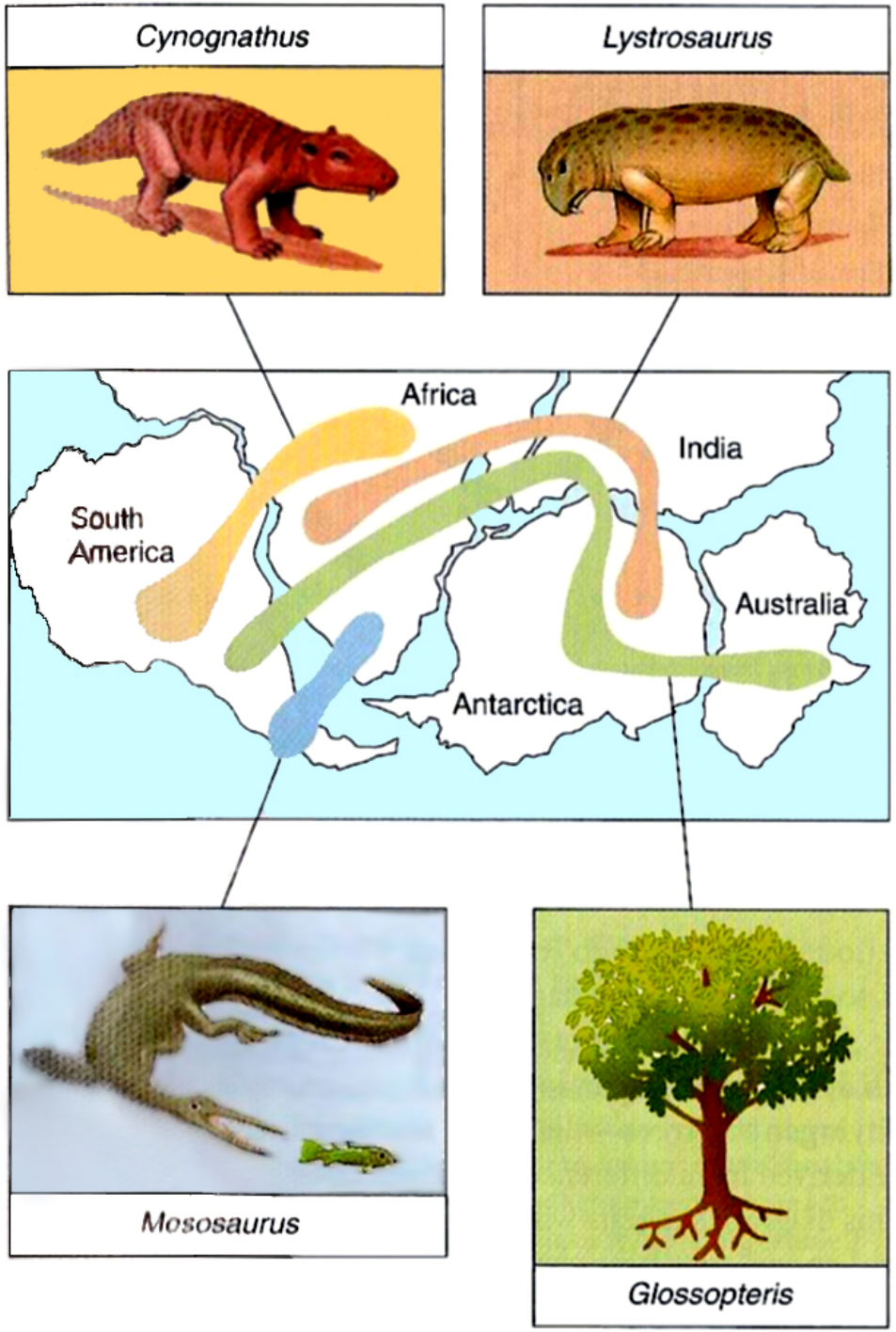
ตัวอย่างฟอสซิลที่มีชีวิต (Living fossil)

หลักฐานของการวิวัฒนาการ

- Biogeography evidence

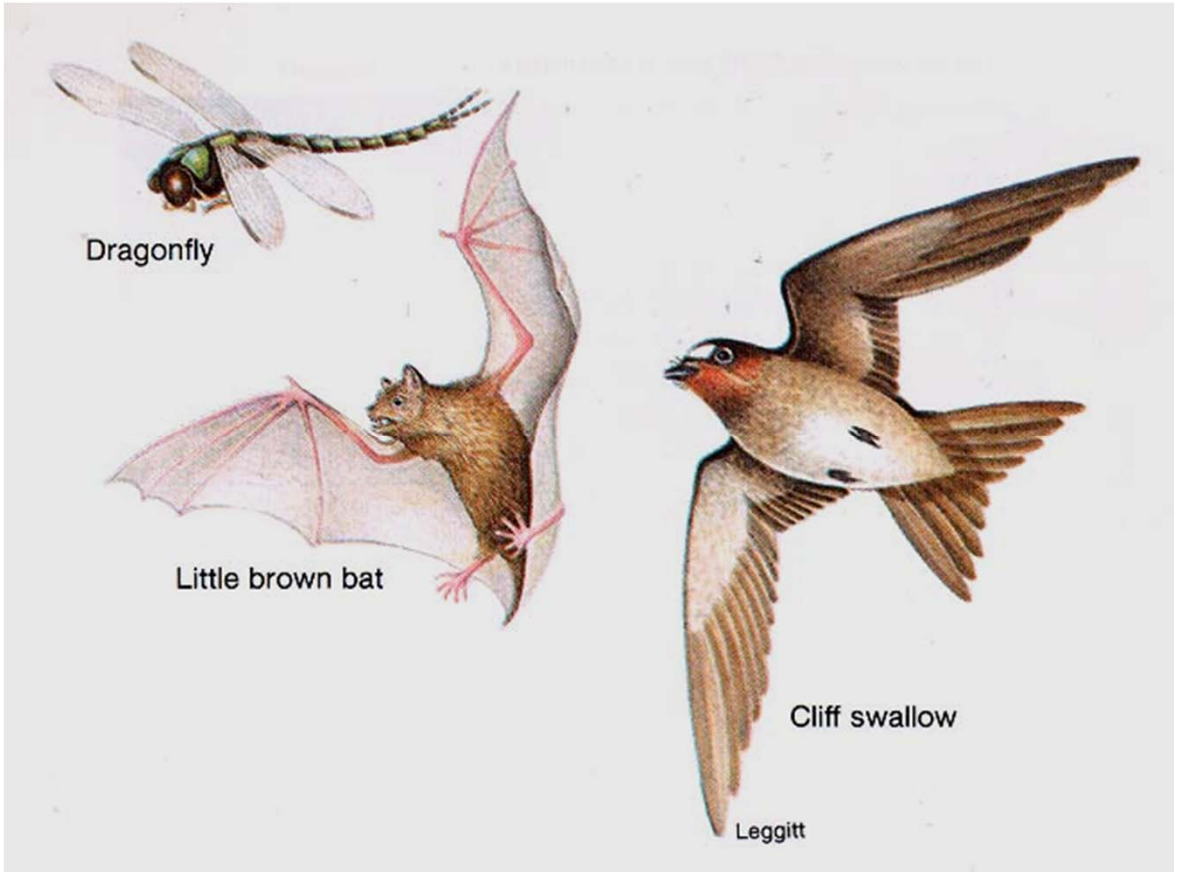



245
Millions of years ago
135
65
0
PALEOZOIC
MESOZOIC
CENOZOIC
Pangaea
North America
Eurasia
Africa
South America
India
Madagascar
Australia
Antarctica
Laurasia
Tethys Sea
Gondwana
©1999 Addison Wesley Longman, Inc.


Cynognathus
Lystrosaurus
Africa
India
South America
Australia
Antarctica
Mososaurus
Glossopteris

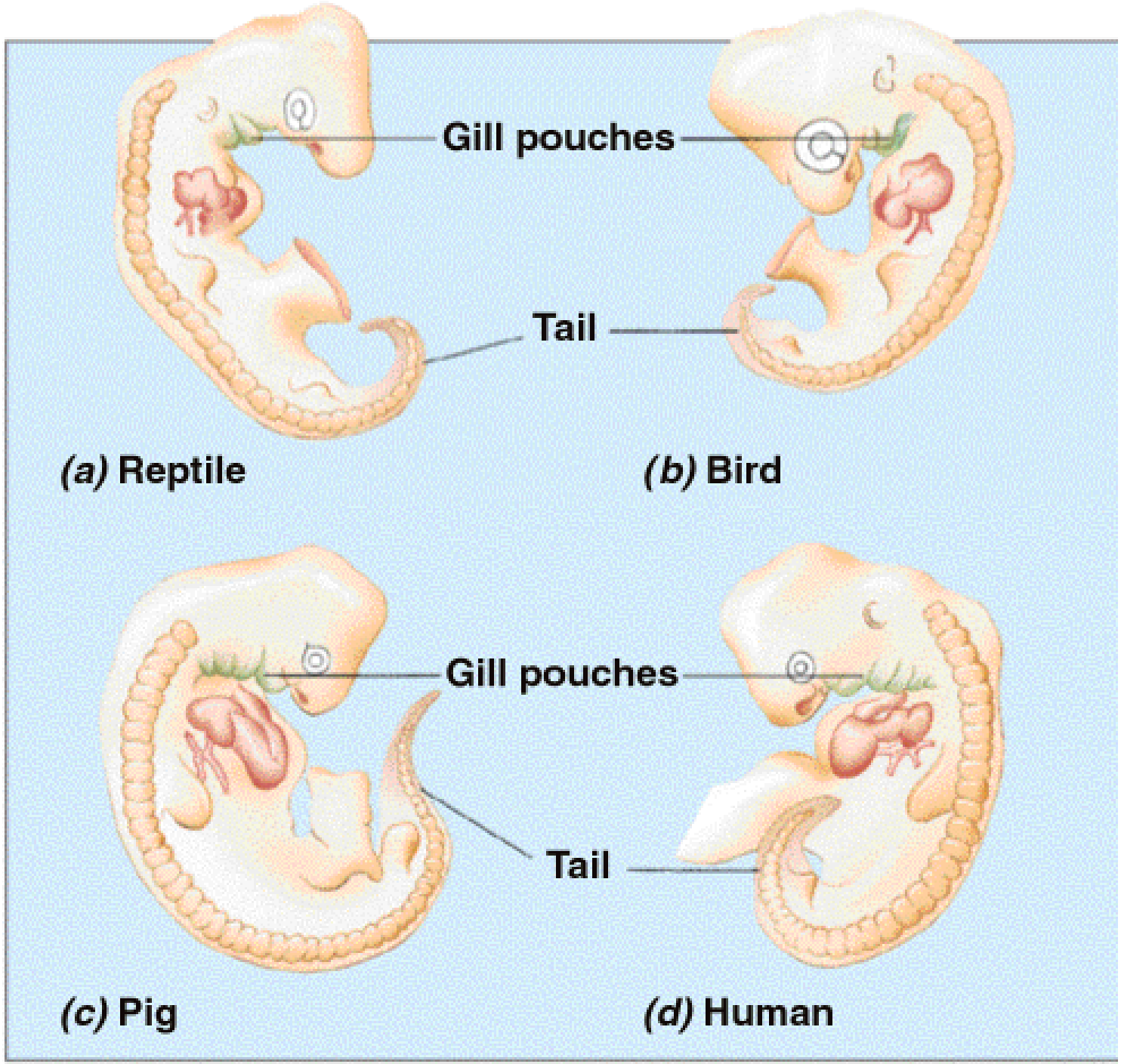
หลักฐานของการวิวัฒนาการ

- Homologous structure VS Analogous structure



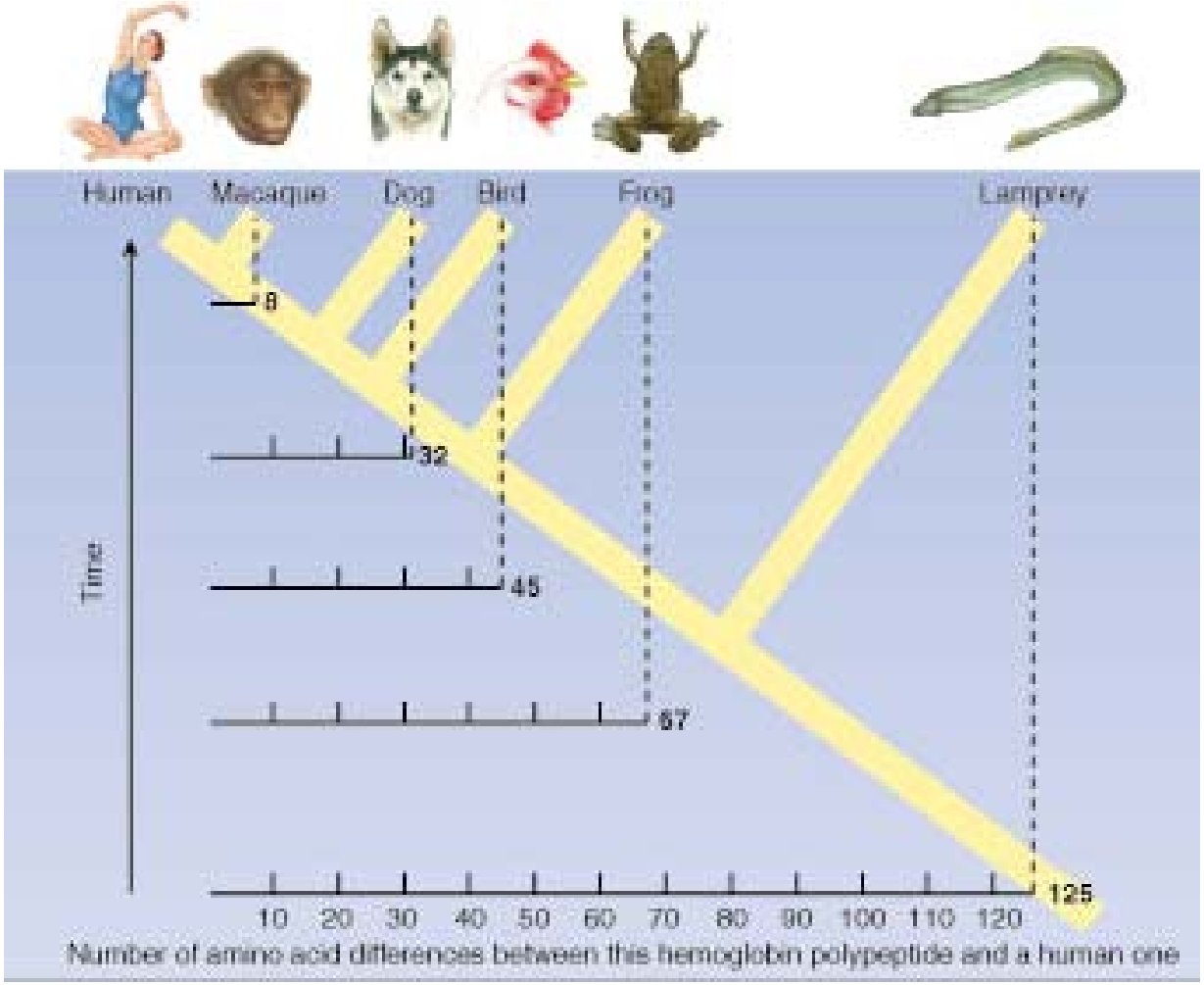
หลักฐานของการวิวัฒนาการ

- Embryology evidence
  - สิ่งมีชีวิตจะแสดงลักษณะของบรรพบุรุษในช่วงที่เป็นตัวอ่อน
  - สิ่งมีชีวิตที่มีบรรพบุรุษร่วมกันจะมีลักษณะในช่วงที่เป็นตัวอ่อนเหมือน/คล้ายคลึงกัน


Gill pouches
Tail
(a) Reptile
(b) Bird
Gill pouches
Tail
(c) Pig
(d) Human

หลักฐานของการวิวัฒนาการ

- Molecular record



Population genetics

- พันธุศาสตร์ประชากร
  - ทำให้ทราบการเปลี่ยนแปลงของพันธุกรรมในแต่ละกลุ่มประชากร
  - Hardy-Weinberg equilibrium

ทฤษฎีวิวัฒนาการ

Lamarck's theory:

1. สิ่งมีชีวิตมีความสามารถในการเติบโตถึงขีดสูงสุดที่ธรรมชาติจะอำนวยให้ได้
2. ลักษณะที่มีจะทำหน้าที่ให้เหมาะสมเพื่อดำรงชีวิตได้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อม

ทฤษฎีวิวัฒนาการ

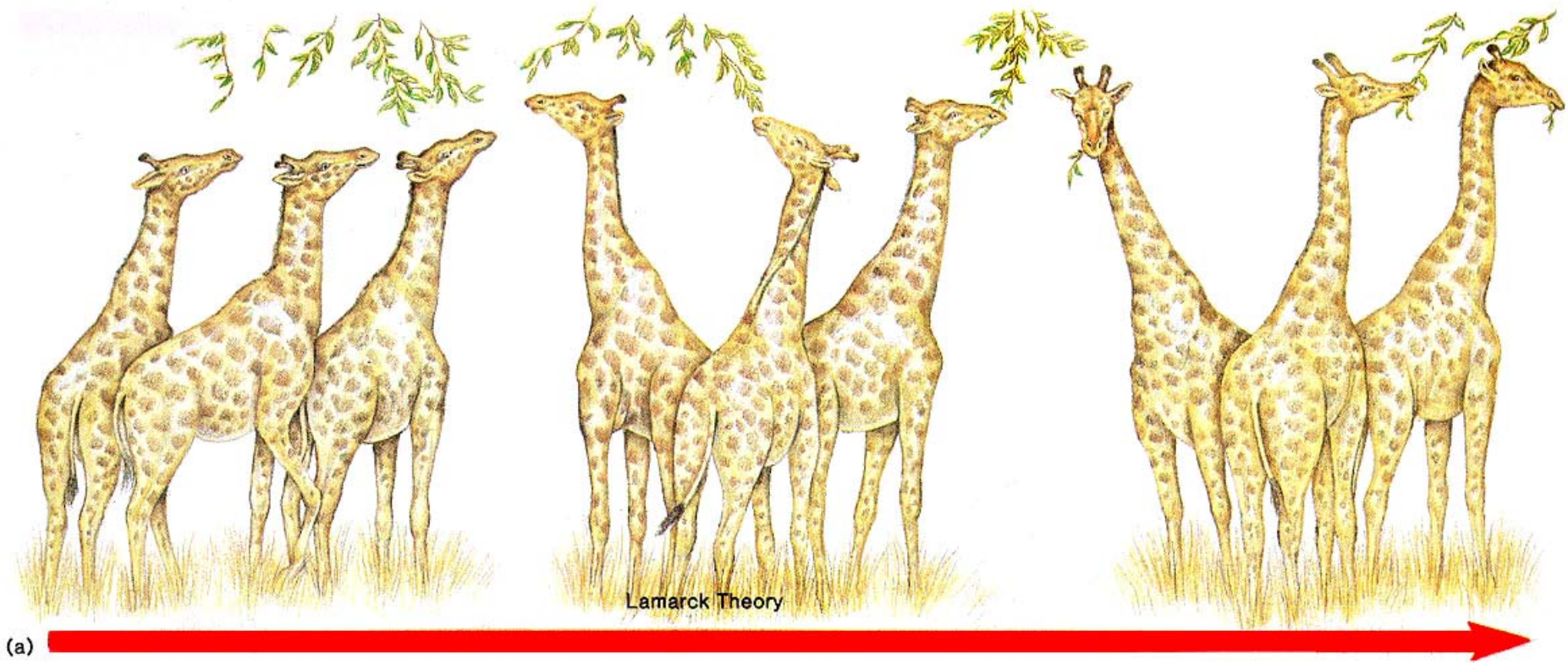
3. การฝึกปรือการใช้อวัยวะให้เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมเพื่อจะดำรงชีวิตอยู่รอด

4. การถ่ายทอดลักษณะที่ได้ฝึกปรือให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมให้แก่ลูกหลานเพื่อดำรงเผ่าพันธุ์ต่อไป

ทฤษฎีวิวัฒนาการ

Inheritance of acquired characteristics

Law of use and disuse


Lamarck Theory
(a)

ทฤษฎีวิวัฒนาการ

Darwin-Wallace's Theory

แนวคิด

สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ สามารถเพิ่มจำนวนได้มากกว่าธรรมชาติจะรองรับได้ (ในแง่ของทรัพยากร)

สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ จึงต้องอยู่ในสภาพที่ต้องแก่งแย่งแข่งขันเสมอ[1]

ทฤษฎีวิวัฒนาการ

ในประชากรหนึ่ง ๆ จะมีลักษณะที่แตกต่างและแปลกใหม่ให้เห็นอยู่เสมอ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความแปรผันทางพันธุกรรมในแต่ละประชากร[3]

Individual ที่มีลักษณะที่เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมที่สุดจะมีอัตราการอยู่รอดและการสืบพันธุ์สูงกว่าลักษณะอื่น ๆ [2]

เหตุการณ์ข้างต้นจะเกิดขึ้นซ้ำ ๆ

ทฤษฎีวิวัฒนาการ

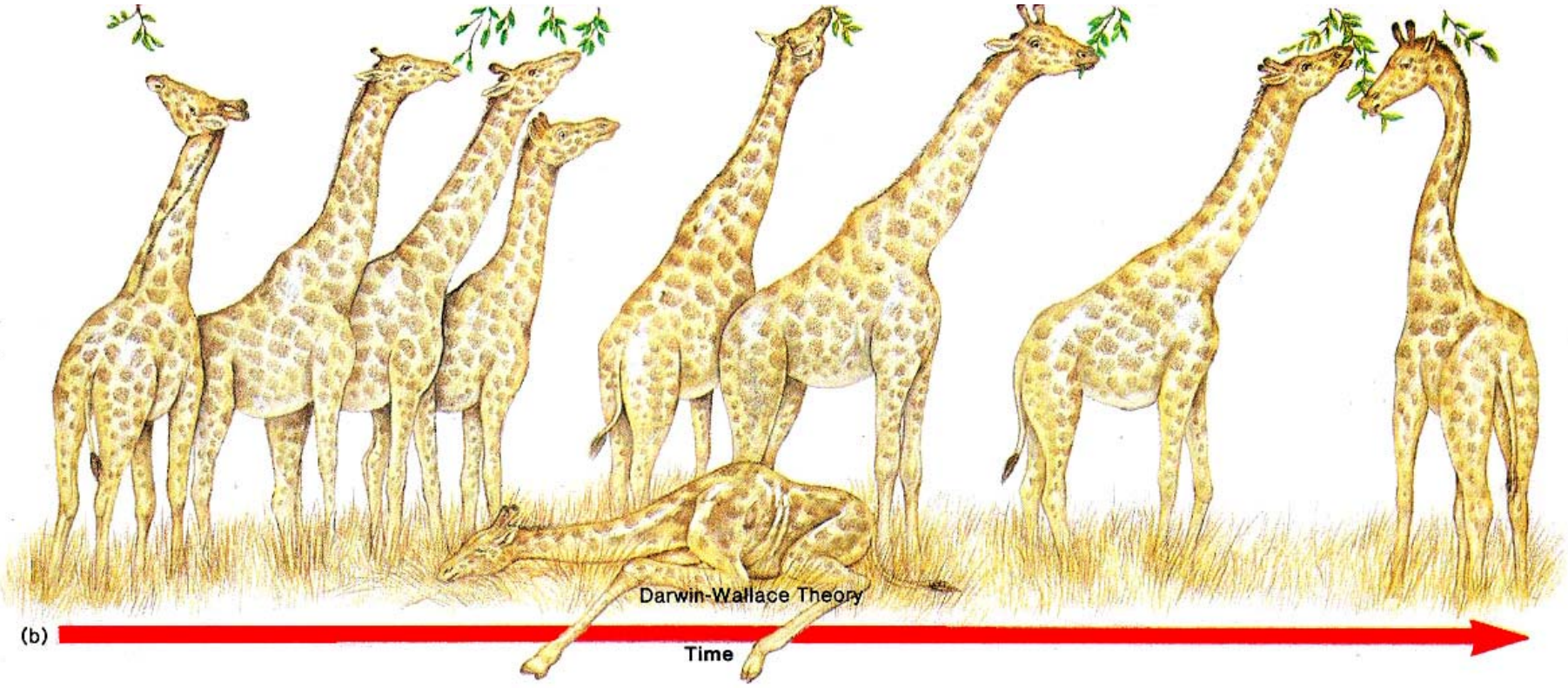
Natural selection

1. Struggle for existence

2. Survival of fittest

   * fitness วัดจาก reproductive success (ตัวที่มีลูกที่สมบูรณ์ไม่เป็นหมันมากที่สุด)

3. Hereditary variation


(b)
Darwin-Wallace Theory
Time

สิ่งมีชีวิตที่ปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้

VS

สิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมกว่า

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางวิวัฒนาการ

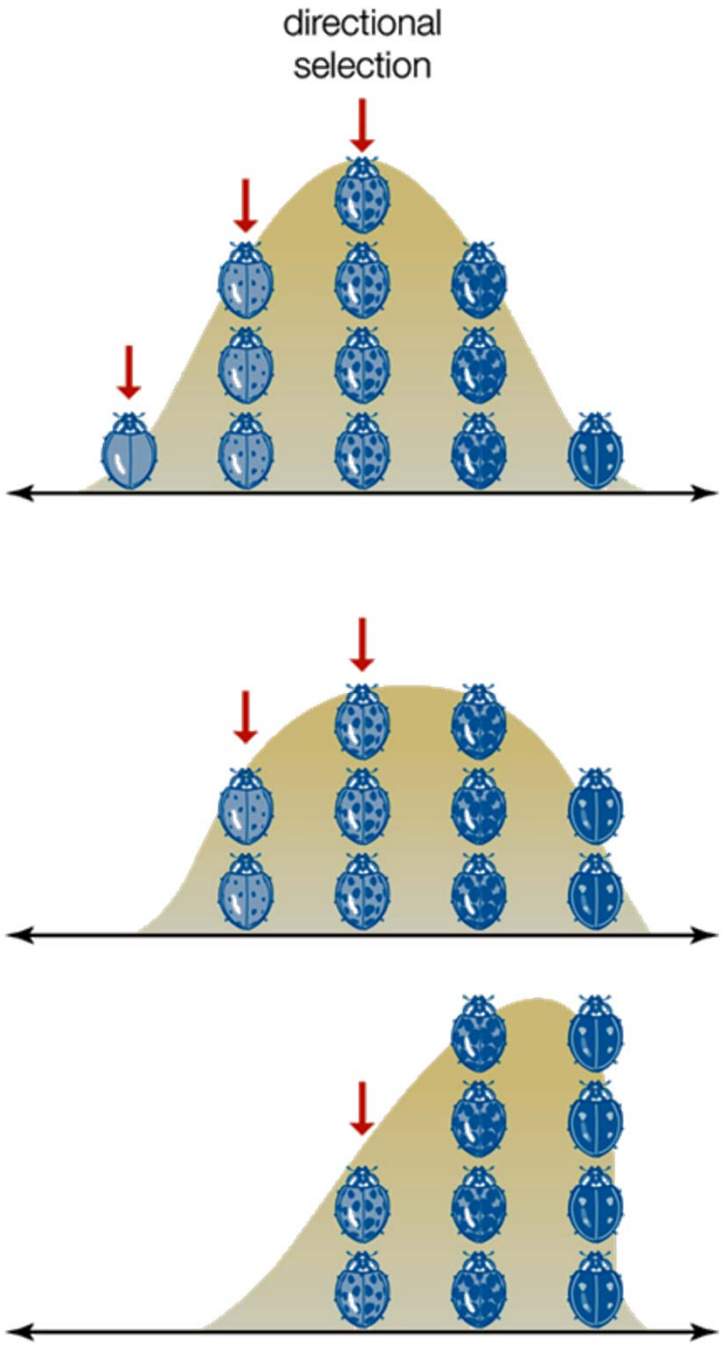
- Mutation
  - Chromosome
  - DNA
- Genetic drift
  - Founder effect
  - Bottle neck

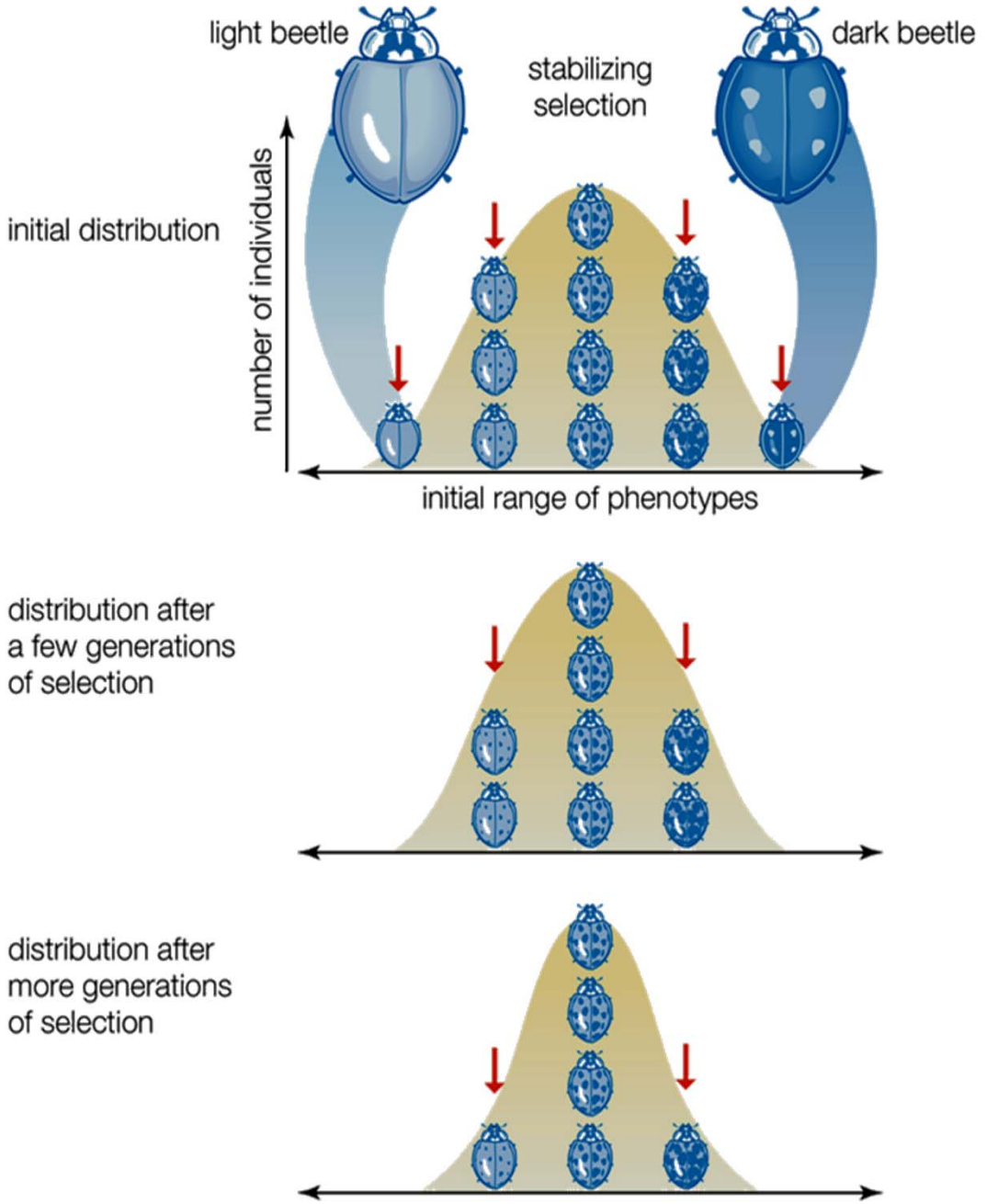
Factors of evolutionary change

- Migration
- Nonrandom mating
- Selection

ประเภทของการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

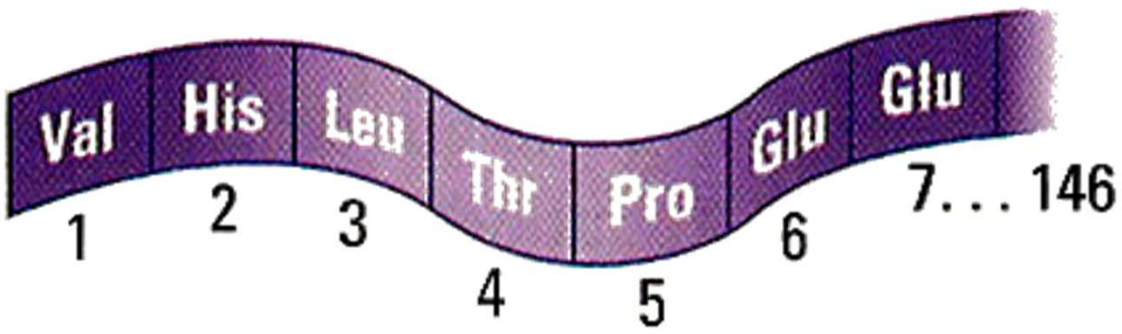
- Directional selection
  - Industrial melanism
- Stabilizing selection
  - Sickle cell anemia
- Disruptive selection


directional
selection

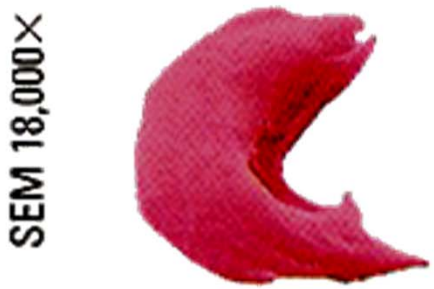


© 2010 Encyclopædia Britannica, Inc.

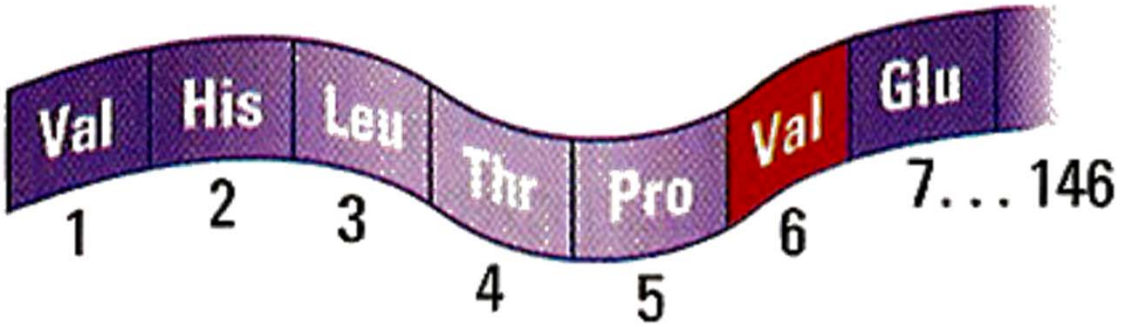
(a) Normal red blood cell



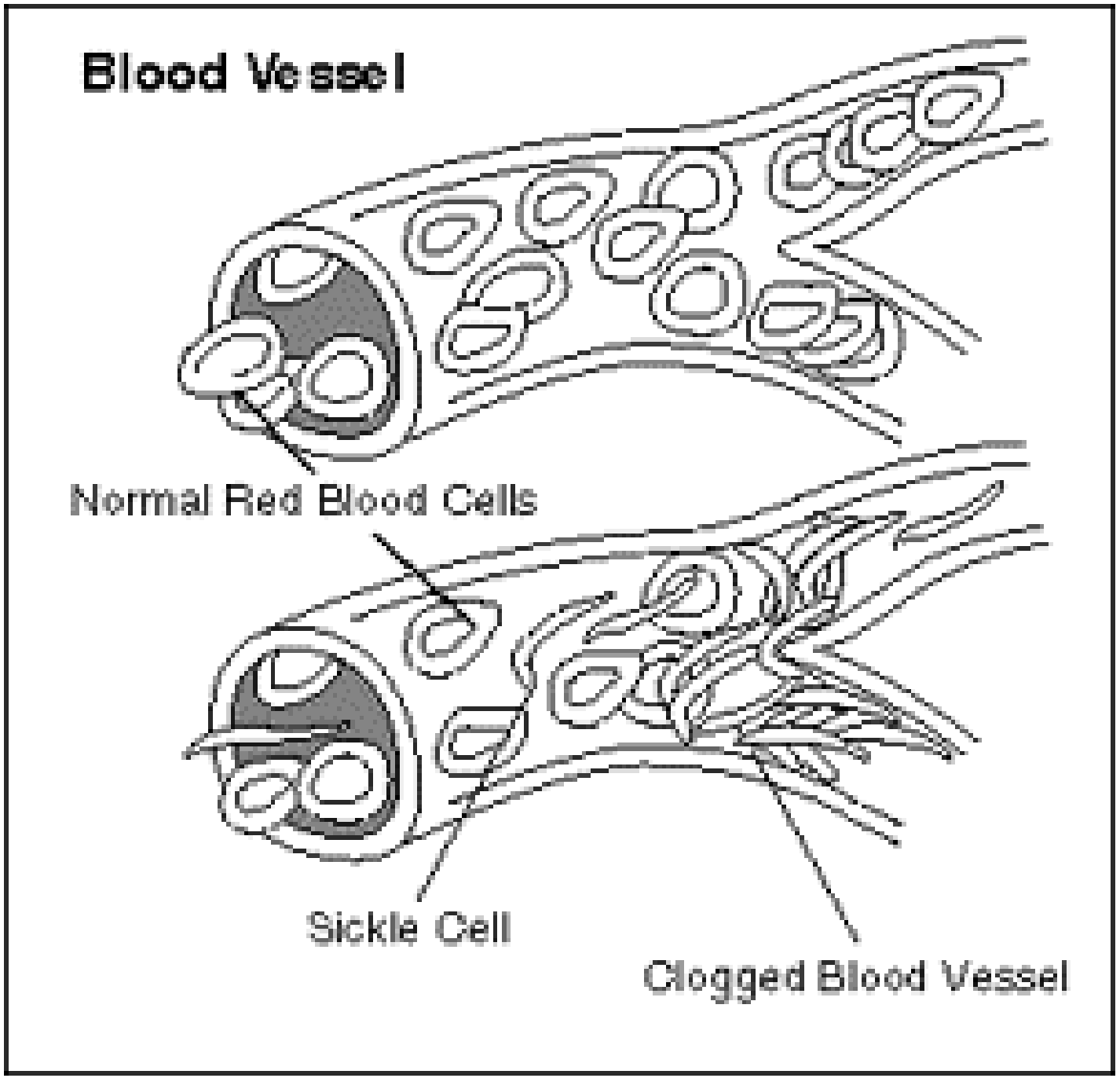
Normal hemoglobin

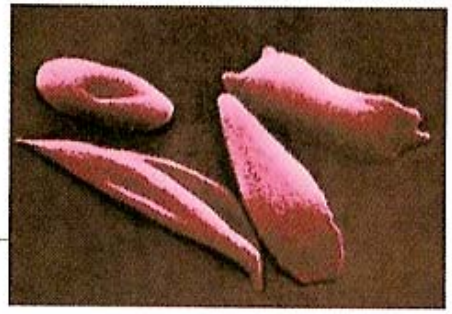


(b) Sickled red blood cell



Sickle-cell hemoglobin


Blood Vessel
Normal Red Blood Cells
Sickle Cell
Clogged Blood Vessel



Colorized SEM 6,600×

Frequencies of the sickle-cell allele

- 0–2.5%
- 2.5–5.0%
- 5.0–7.5%
- 7.5–10.0%
- 10.0–12.5%
- >12.5%

Distribution of malaria caused by *Plasmodium falciparum* (a protozoan)

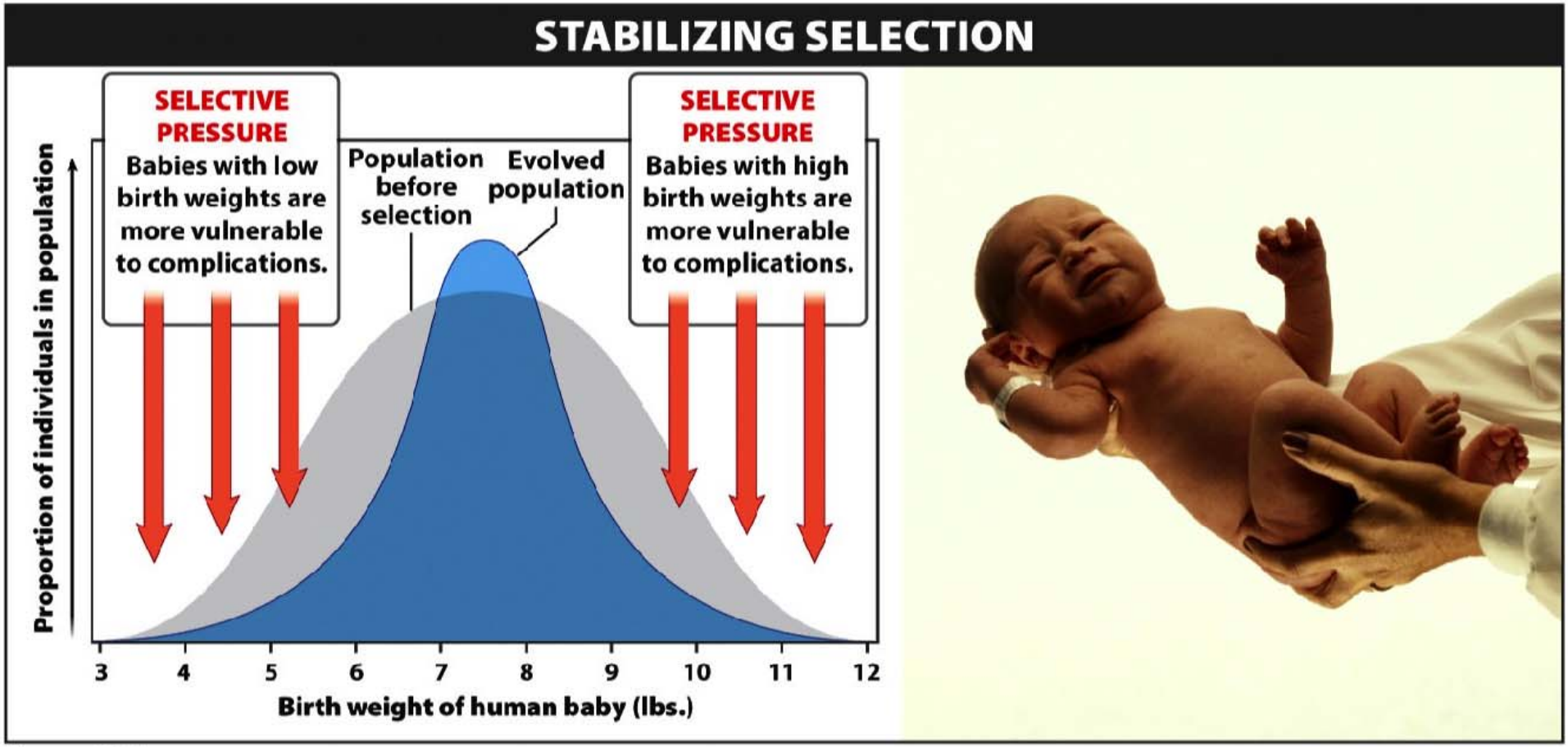
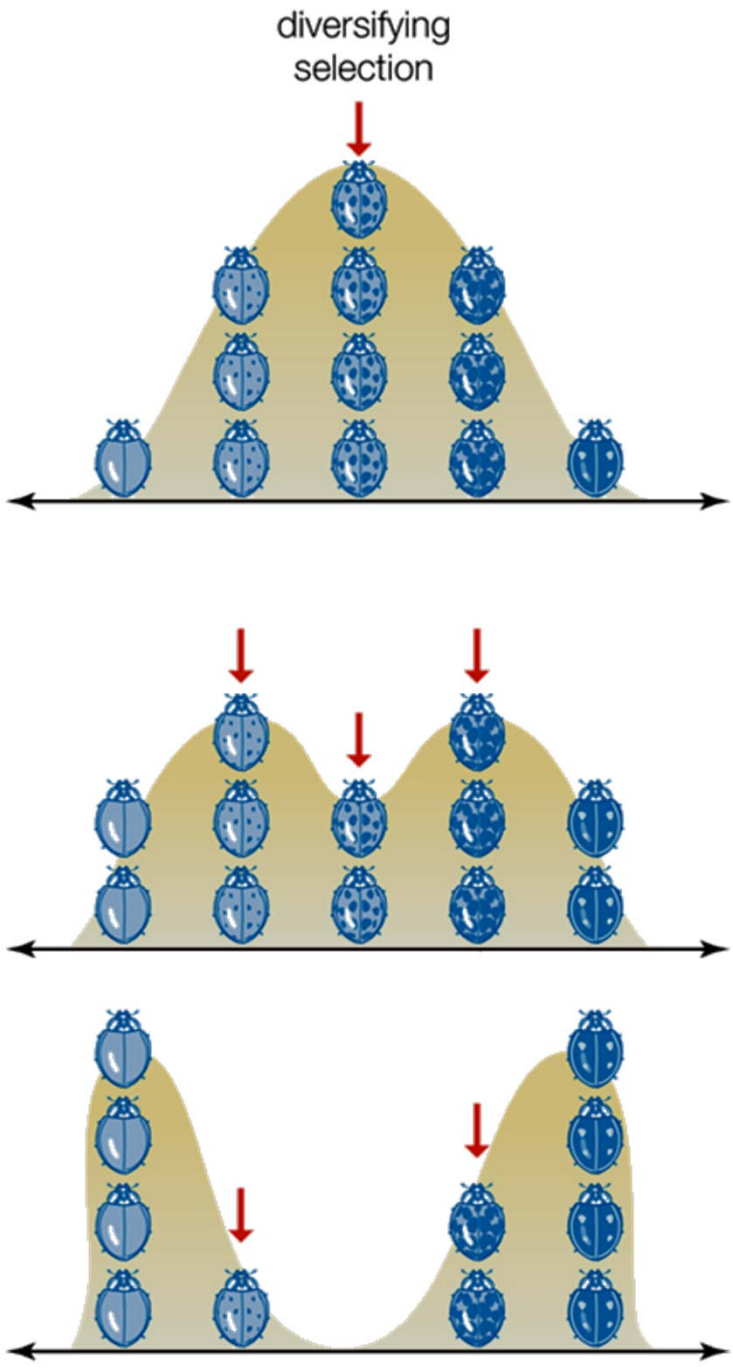


Figure 8-27
What Is Life? A Guide to Biology
© 2010 W. H. Freeman and Company


diversifying
selection

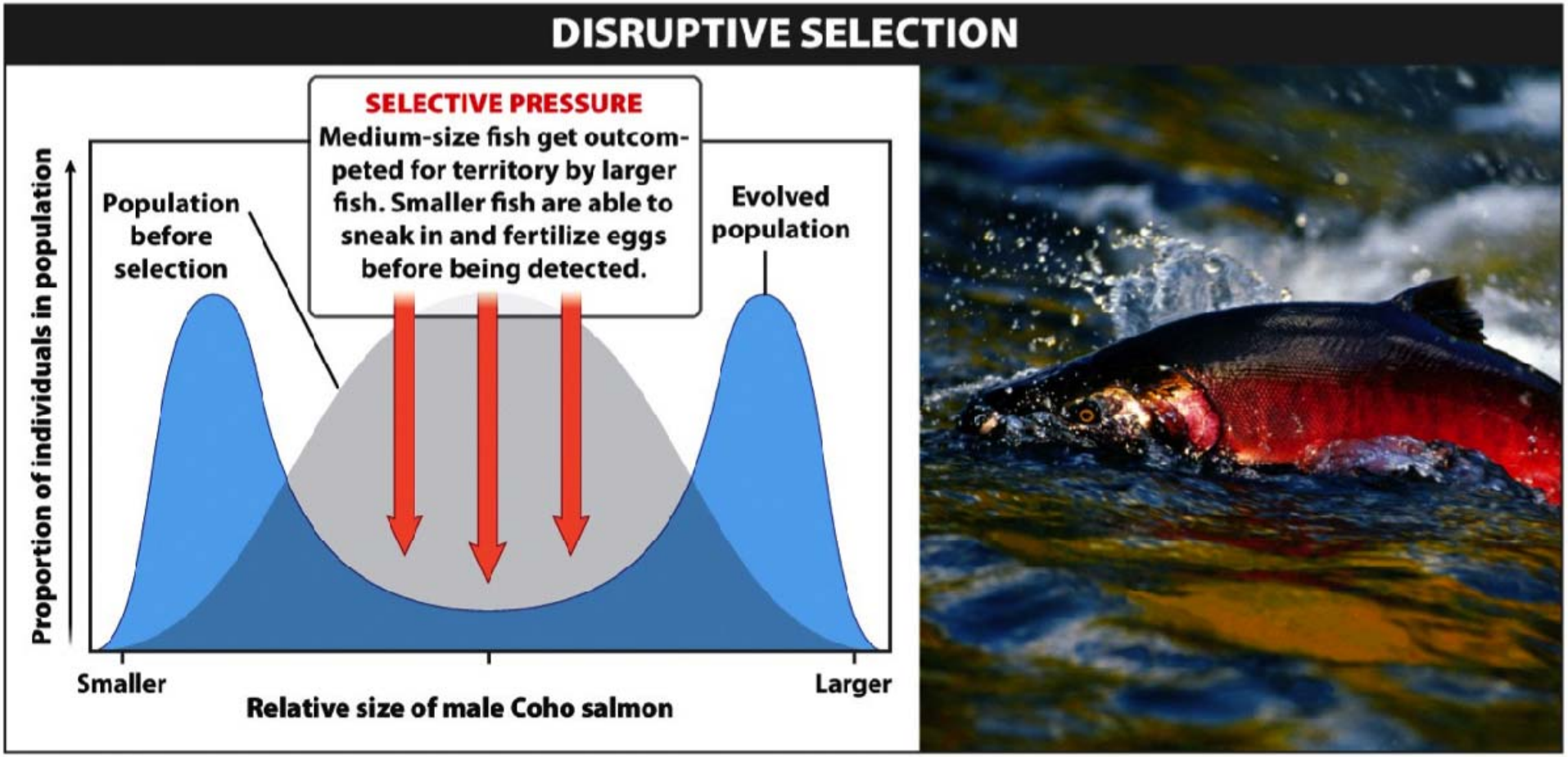


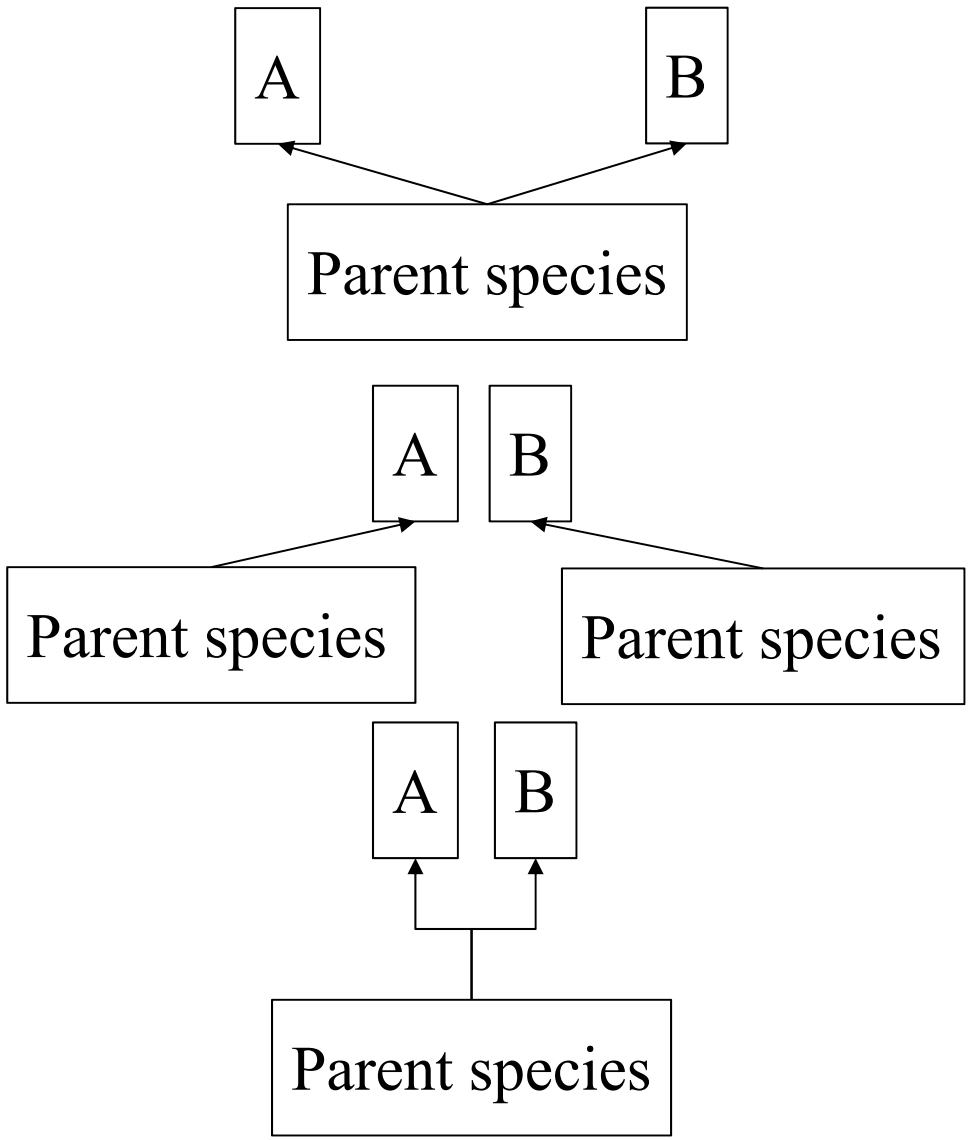
Figure 8-28

What Is Life? A Guide to Biology

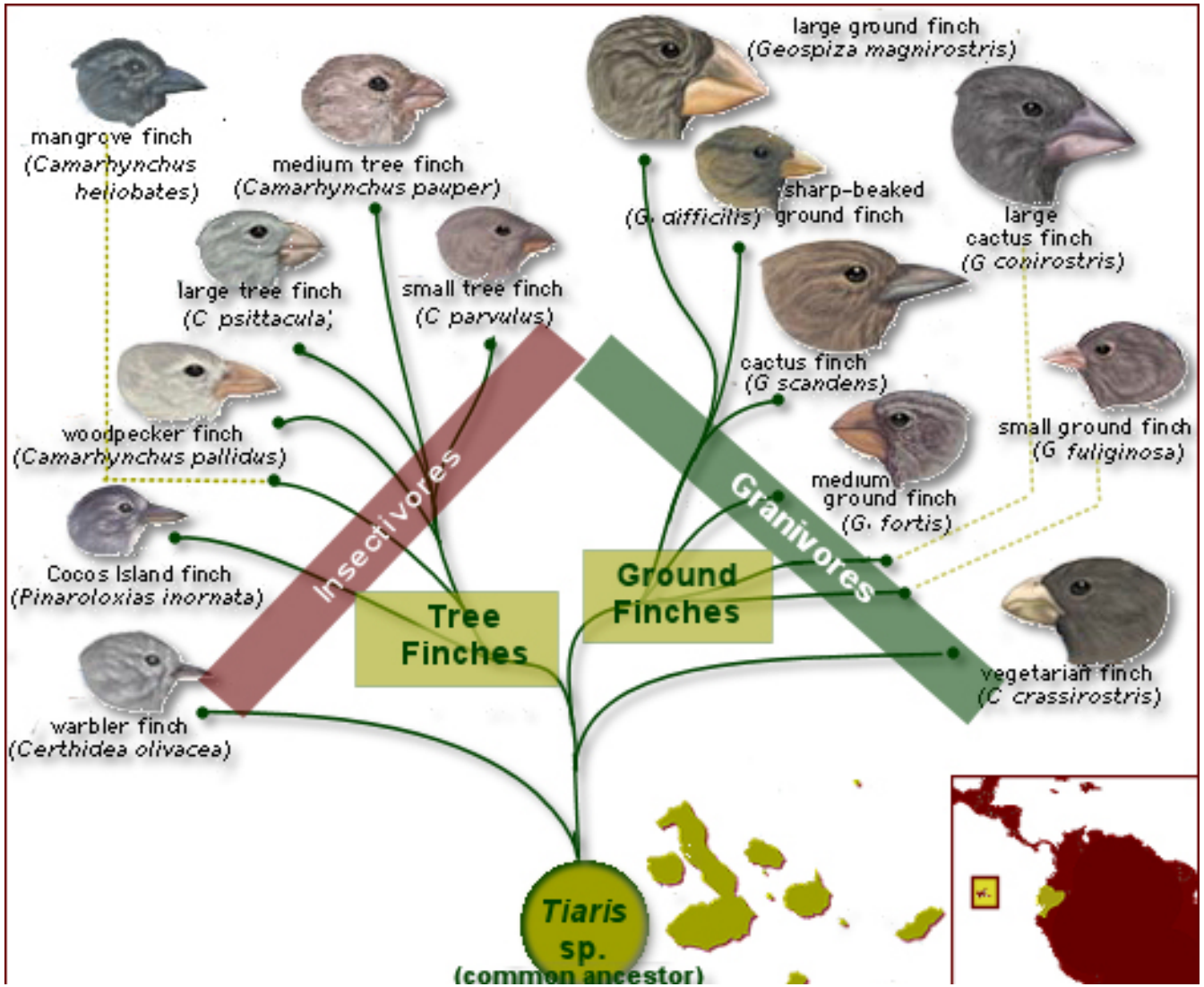
© 2010 W. H. Freeman and Company

แนวโน้มของการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ

- Divergent evolution
- Convergent evolution
- Parallel evolution

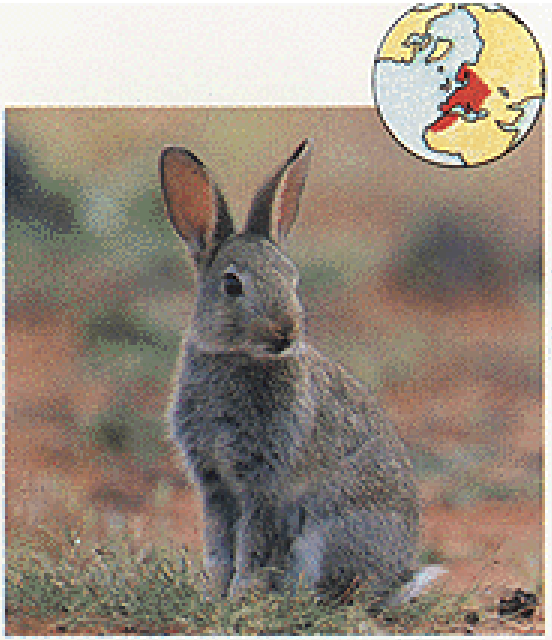


Divergent evolution



Convergent evolution in arthropod

Parallel evolution



(a)

(b)

(c)

21–1 *Although these three mammals are similar in appearance and have similar life styles, they are not closely related.* (a) *The European rabbit, a placental mammal, is classified as a lagomorph.* (b) *The Patagonian hare, or cavy, also a placental mammal, is classified as a rodent.* (c) *The Australian "banded hare" is actually a wallaby, a member of the kangaroo family. Like almost all of the other native mammals of Australia, it is a marsupial.*

The scientific study of the distribution of plants and animals in the various regions of the world, known as biogeography, was initially developed by Alfred Russel Wallace.

กำเนิดสปีชีส์

- Species concept
  - Biological species concept
    - reproduction isolation
  - Morphological species concept
    - based on morphology

Horse

Donkey

Mule (hybrid)

กำเนิดสปีชีส์ (speciation)

- ขั้นที่ 1 การแบ่งแยกทางการสืบพันธุ์
  - จีโนไทป์เกิดการแยกกลุ่ม
- ขั้นที่ 2 เกิดฟีโนไทป์ใหม่
  - ความถี่จีนเปลี่ยนแปลง
  - เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม

กำเนิดสปีชีส์ (speciation)

- ขั้นที่ 3 เกิดการคัดเลือก
  - ลักษณะที่เกิดขึ้นใหม่ ถูกคัดเลือกโดยสิ่งแวดล้อม
  - หากการแบ่งแยกทางการสืบพันธุ์ยังคงอยู่ต่อไป ประชากรย่อยที่แยกออกมาจะเข้าสู่ขั้นที่ 4

กำเนิดสปีชีส์ (speciation)

- ขั้นที่ 4 การเกิดสปีชีส์ใหม่
  - เมื่อประชากรที่แยกออกจากกัน ไม่สามารถผสมพันธุ์กันได้ (genetic incompatibility)
  - แสดงว่าเกิดกลไกการแบ่งแยก (มี isolating mechanisms)
  - จึงกลายเป็นคนละสปีชีส์ (ตาม biological species concept)

วิถีทางของการเกิดสปีชีส์

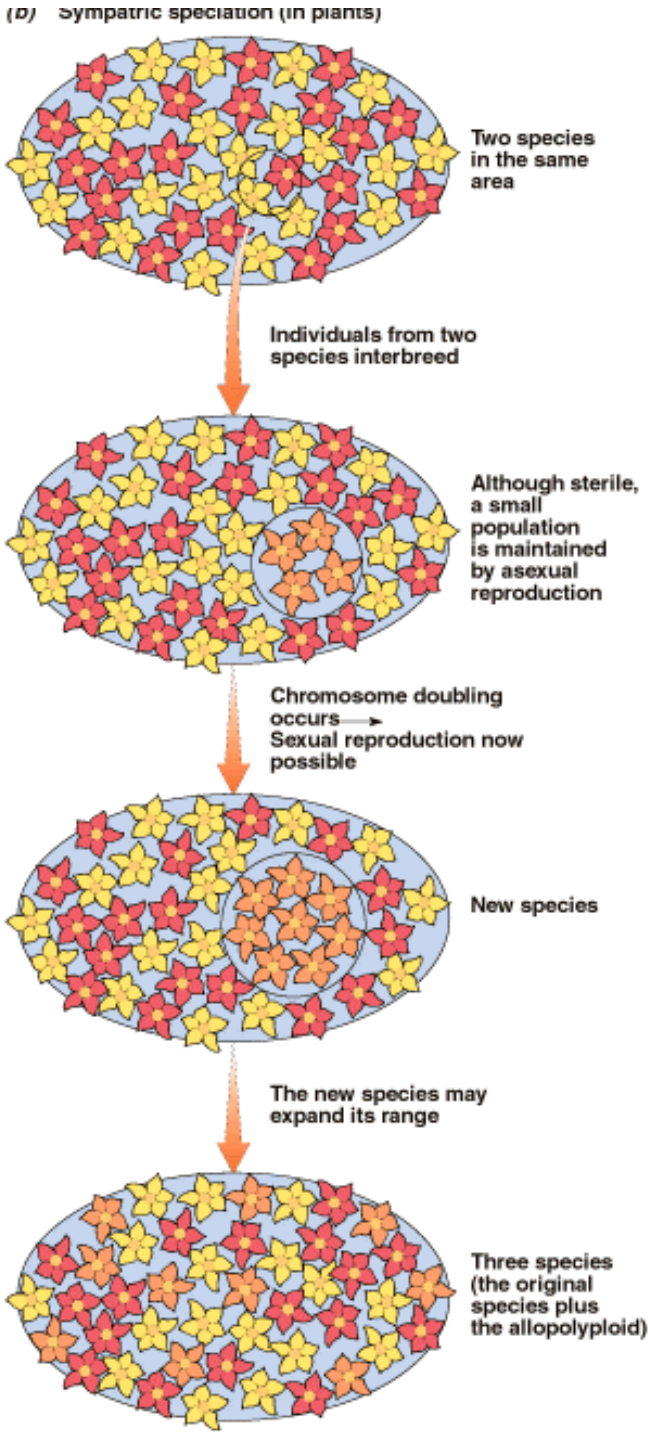
- Allopatric speciation
  - หมายถึง การเกิดขึ้นของสปีชีส์ใหม่ โดยไม่เกี่ยวข้องต่อกันเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงทางภูมิศาสตร์ทำให้ประชากรเดิมแยกออกจากกัน

Abert's squirrel

Kaibab squirrel

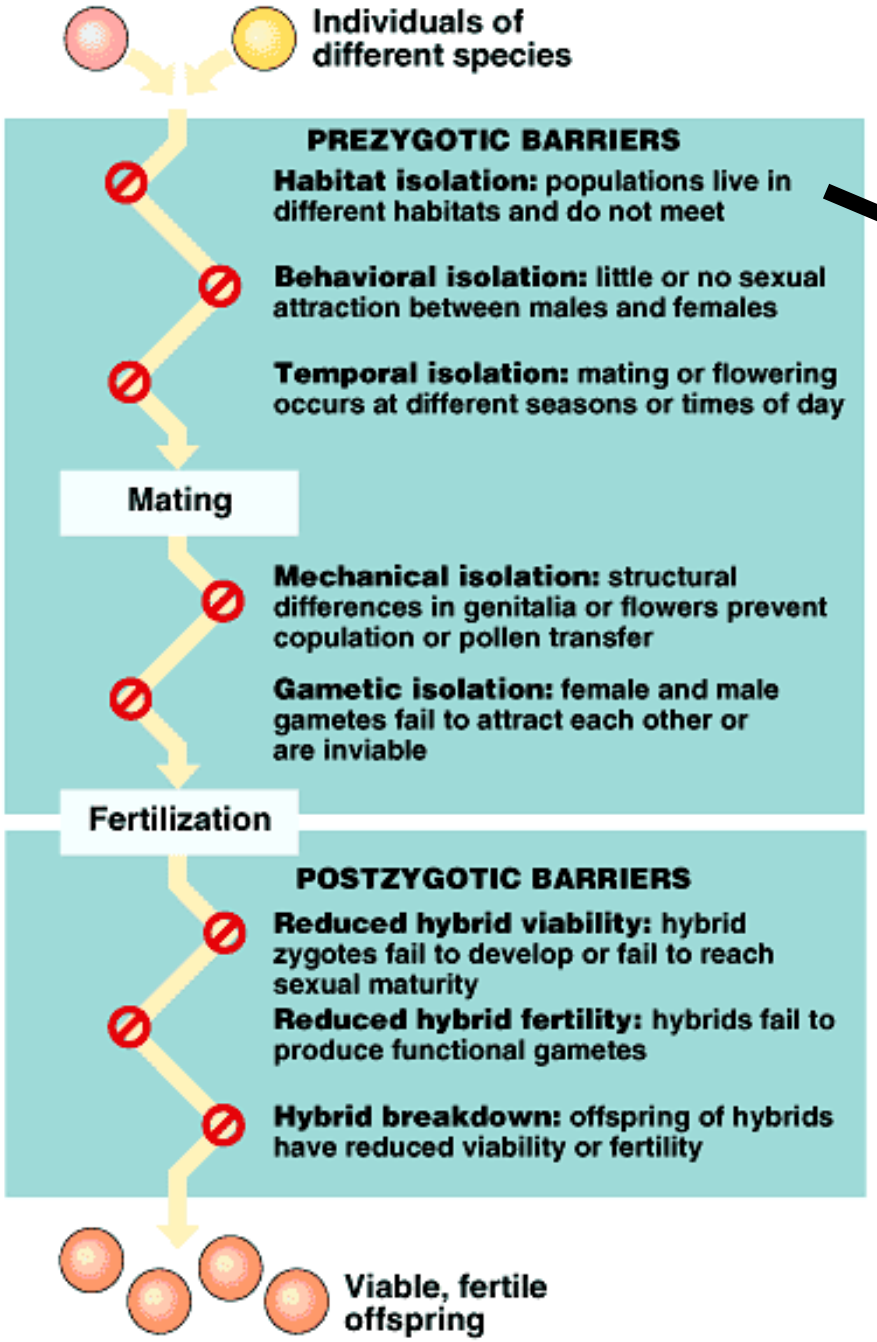
วิถีทางของการเกิดสปีชีส์

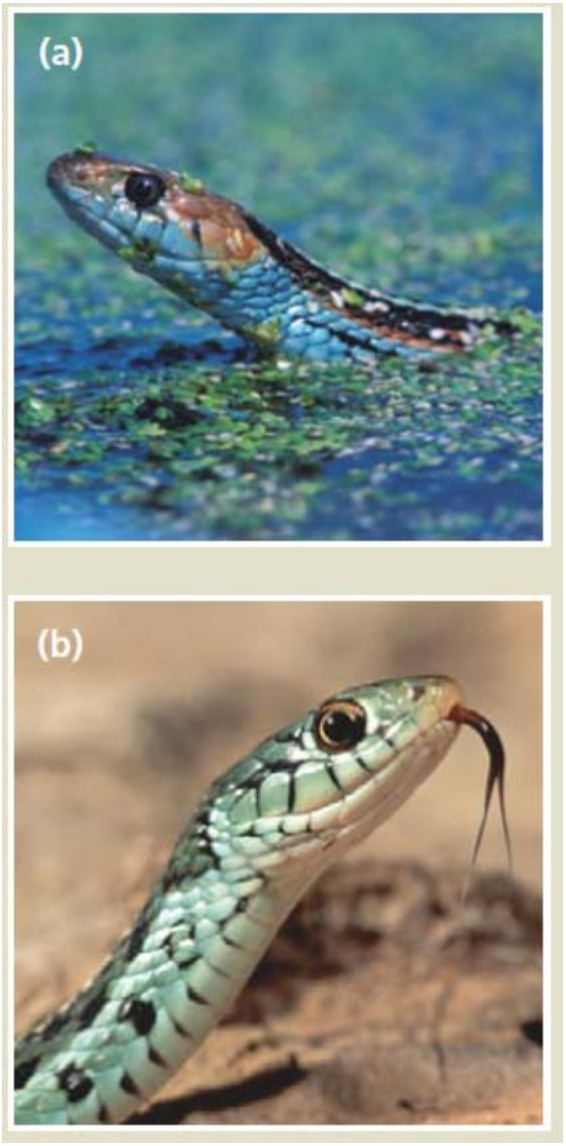
- Sympatric speciation
  - หมายถึง การเกิดสปีชีส์ใหม่ของประชากรเดิม ในสถานที่เดียวกัน โดยค่อย ๆ มีการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมของกลุ่มเล็ก ๆ ในประชากรเดิม เนื่องจากไม่มีการสืบพันธุ์กับภายนอกกลุ่ม/ กลุ่มใหญ่


(b) Sympatric speciation (in plants)
Two species in the same area
Individuals from two species interbreed
Although sterile, a small population is maintained by asexual reproduction
Chromosome doubling occurs
Sexual reproduction now possible
New species
The new species may expand its range
Three species (the original species plus the allopolyploid)

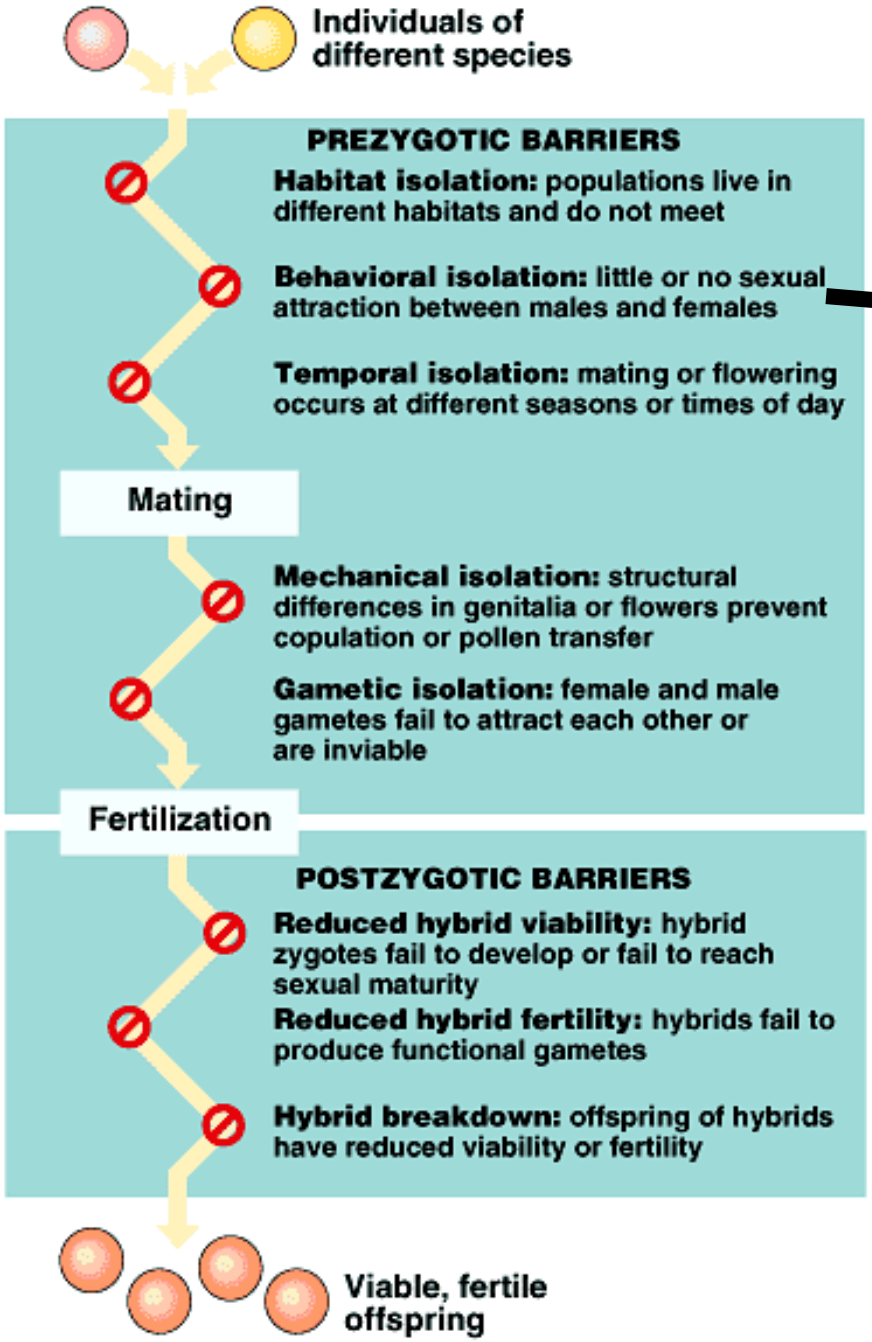
การคงอยู่ของสปีชีส์

- Isolating mechanisms
  - Prezygotic barriers
    - Habitat isolation
    - Temporal isolation
    - Behavioral isolation
    - Mechanical isolation
    - Gametic mortality

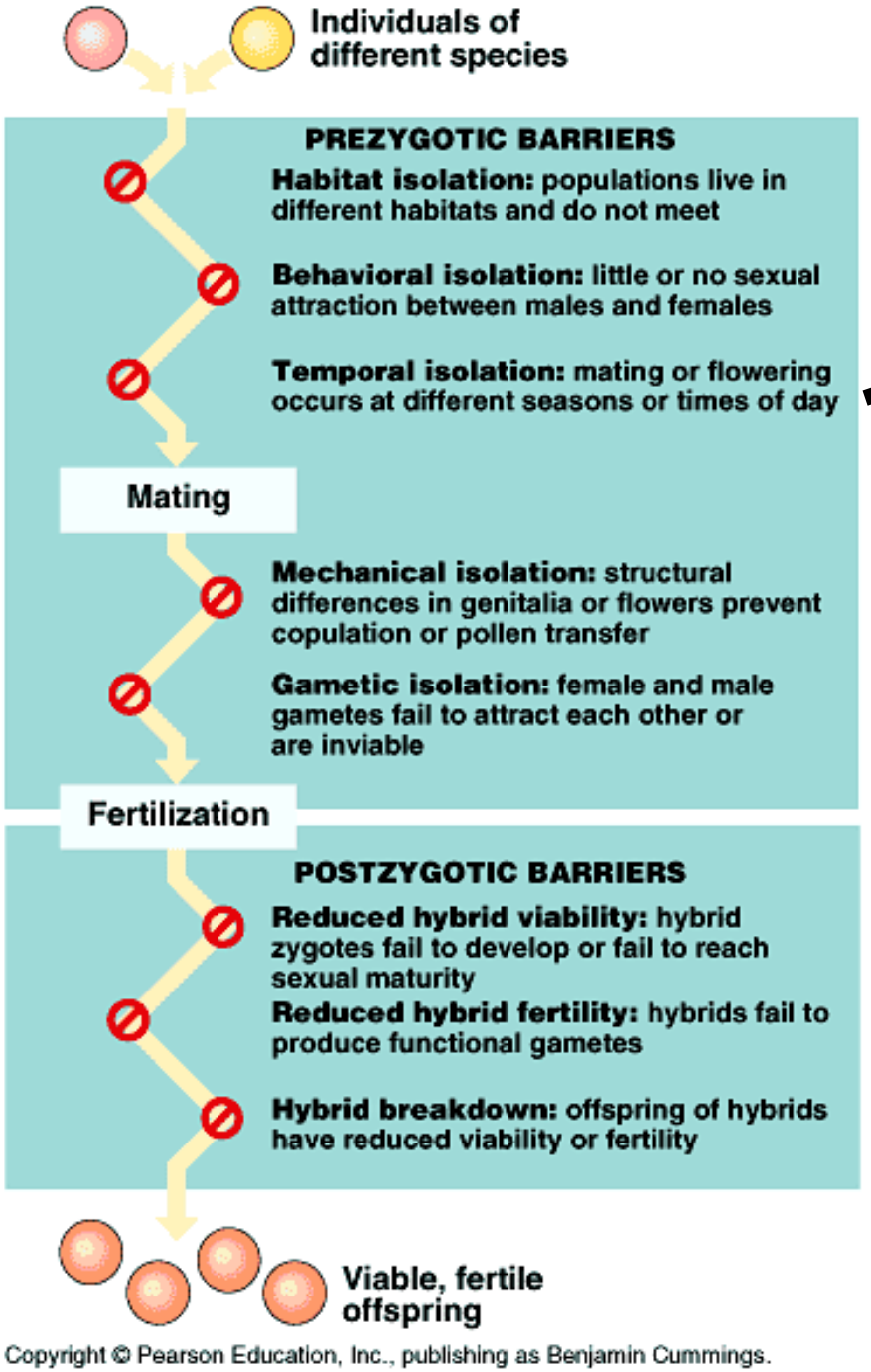




Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



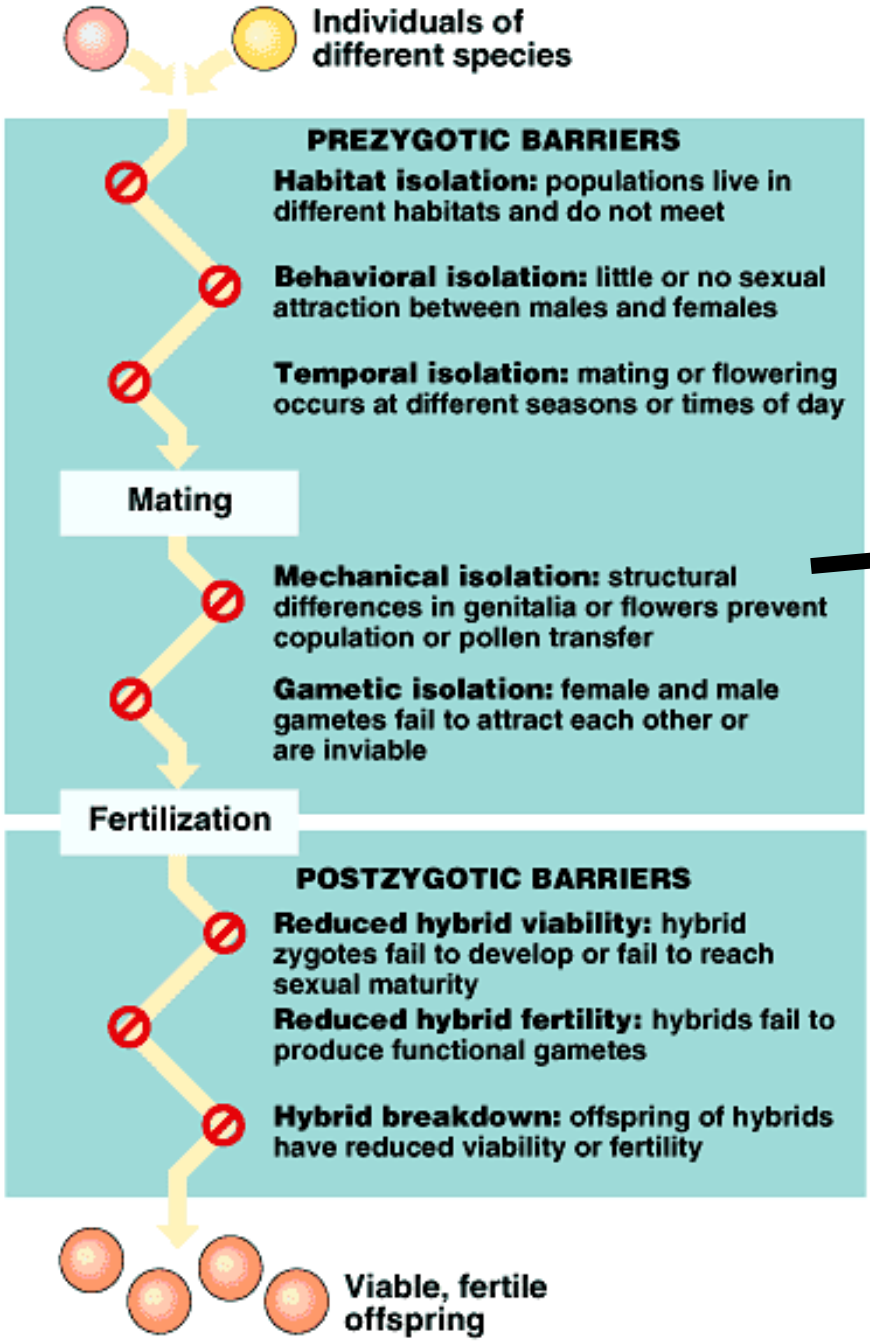
Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



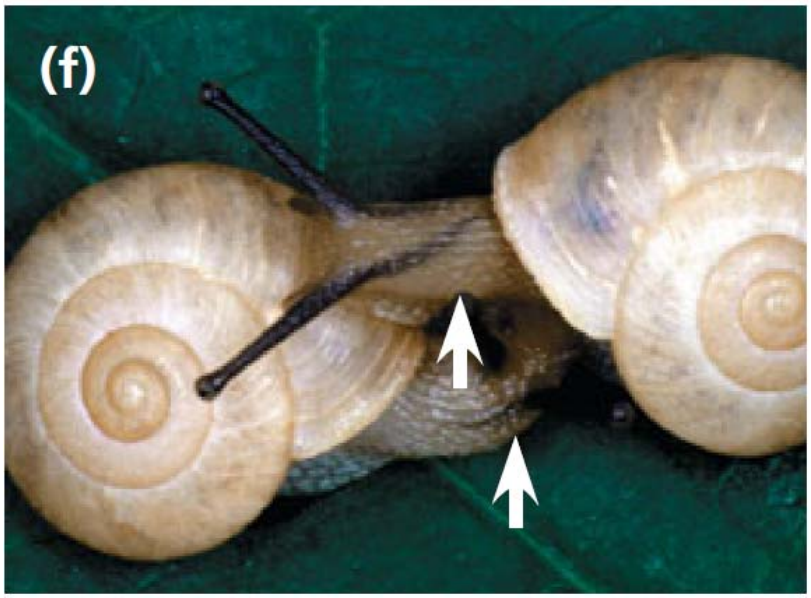
Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

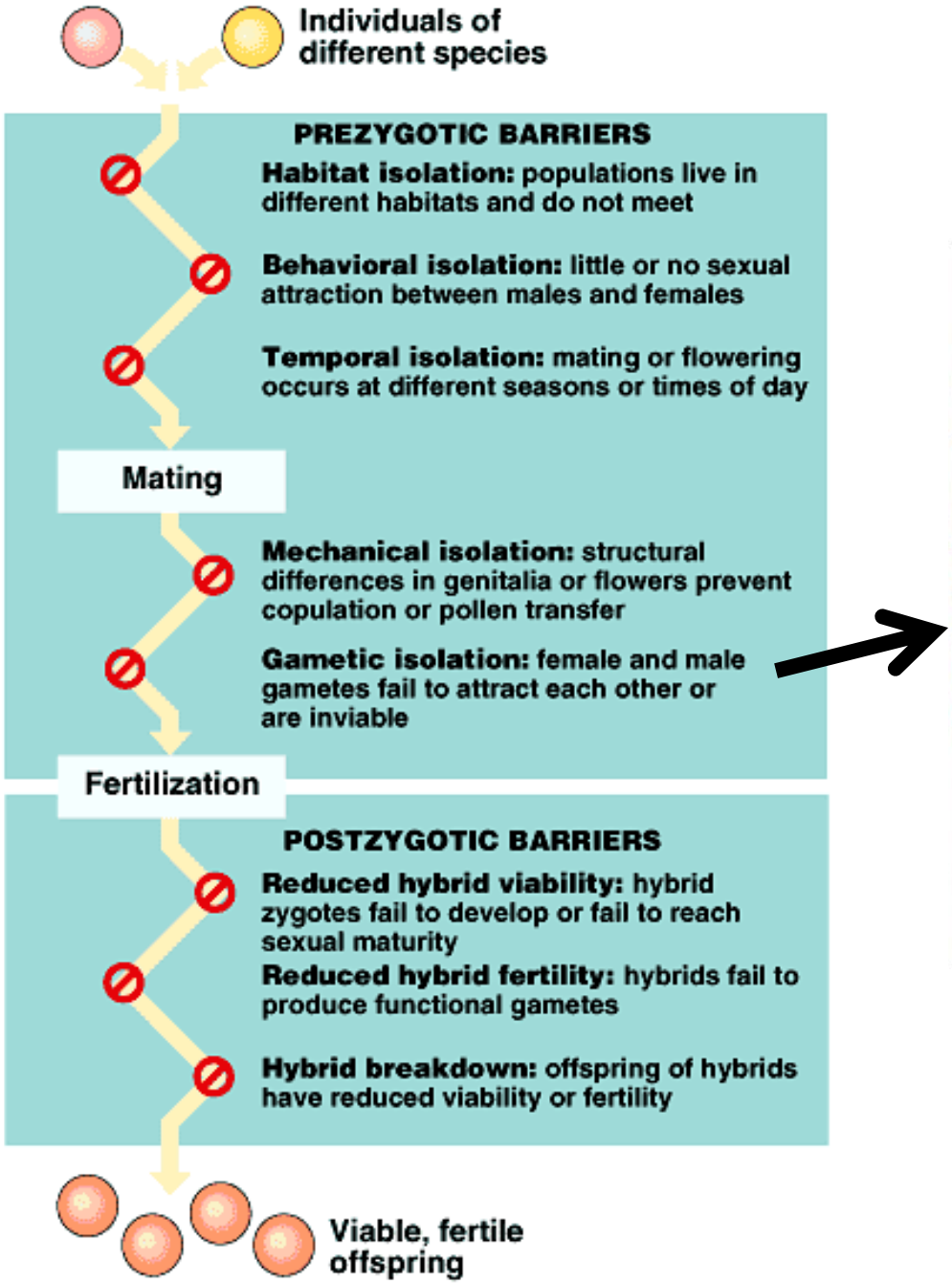
Mate late summer

Mate late winter

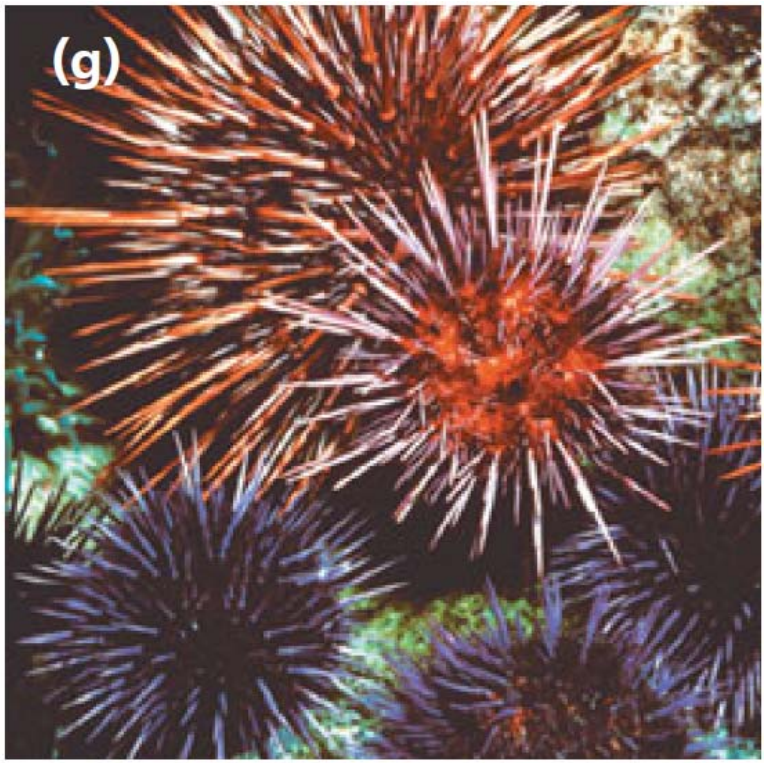


Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



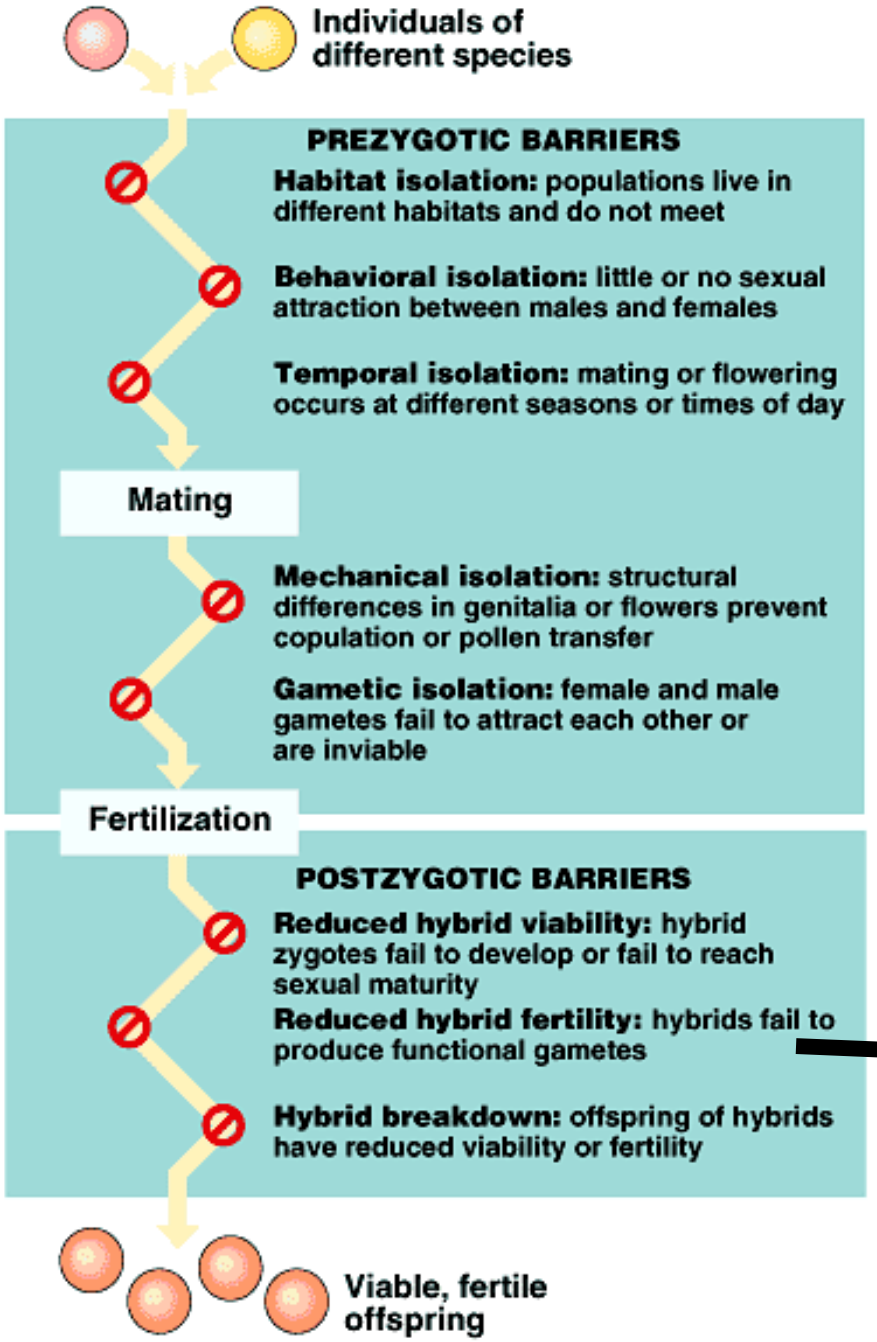


Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

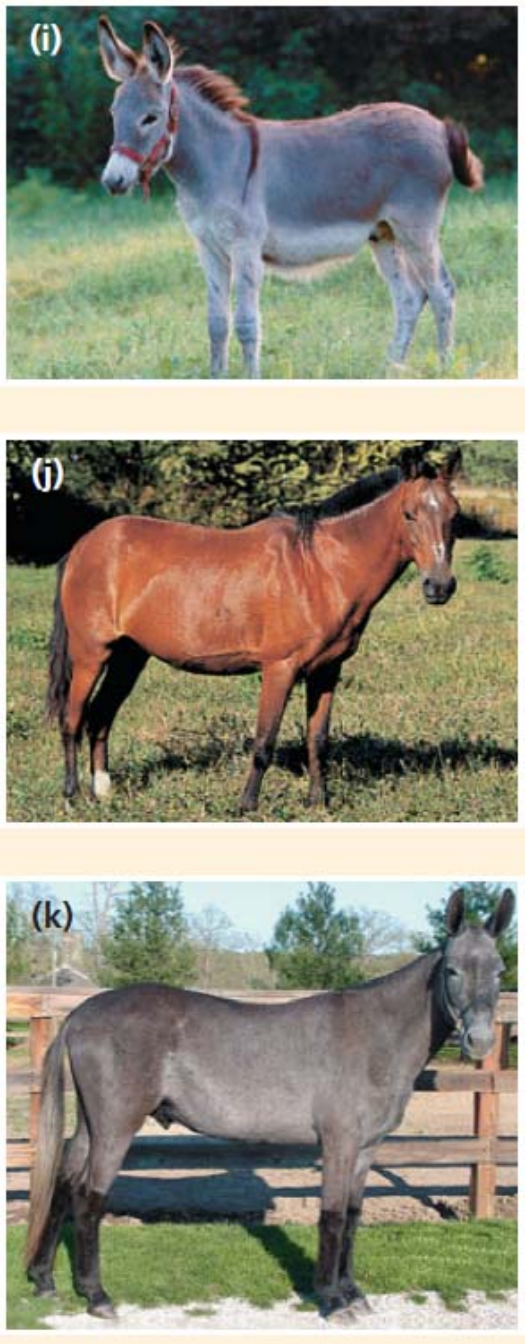


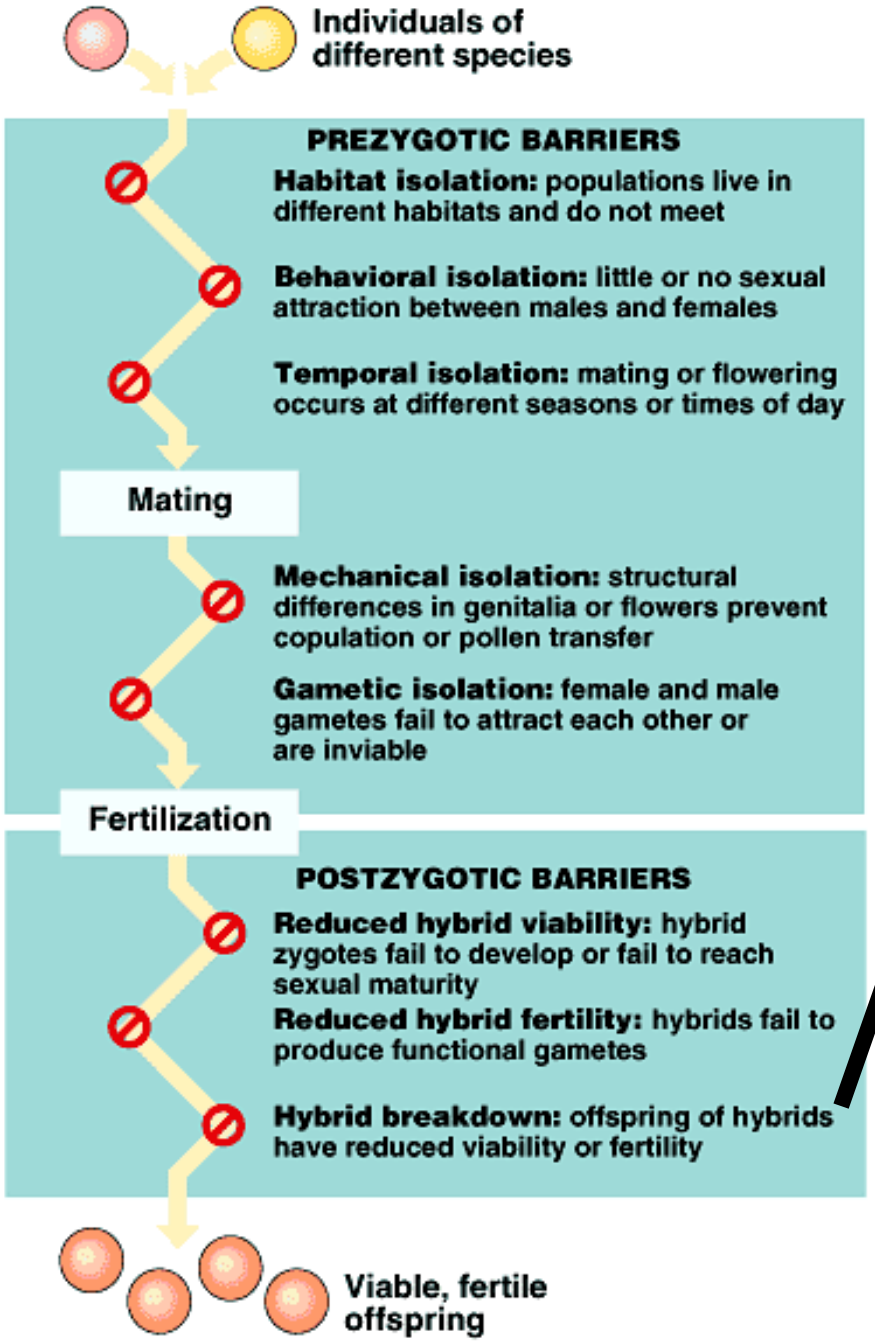
การคงอยู่ของสปีชีส์

- Postzygotic barriers
  - ตัวอ่อนตาย (ก่อนคลอด)
  - ตัวอ่อนพัฒนาไม่เต็มที่/พิการ
  - ตัวอ่อนเป็นหมัน
  - รุ่นต่อไปเป็นหมัน

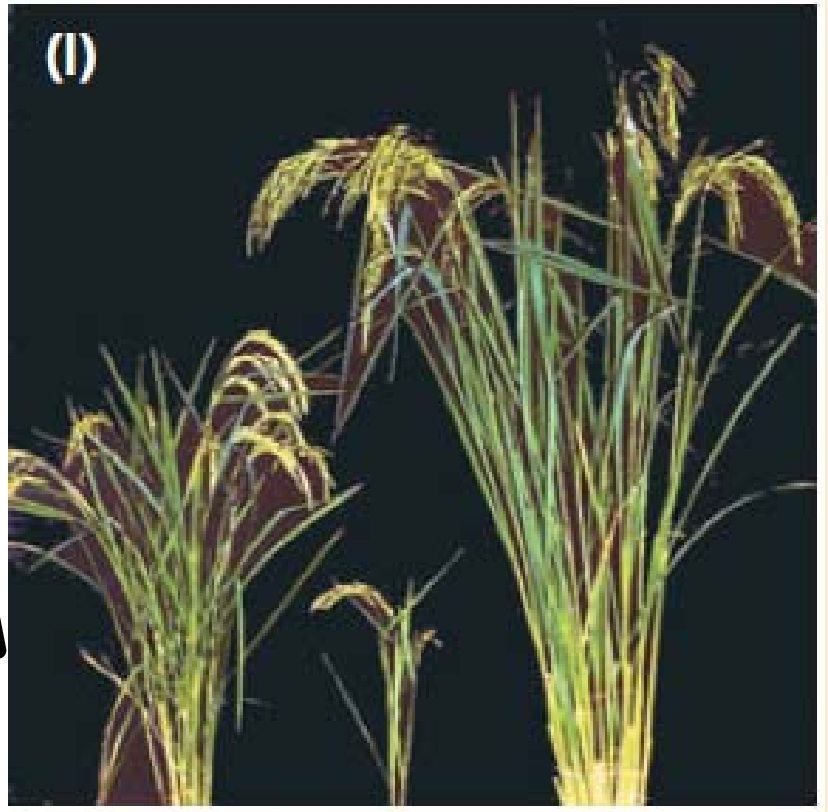


Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.





Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



การปรับตัว (Adaptation)

- เป็นการบวนการของสิ่งมีชีวิตแต่ละตัวในการปรับสมดุลต่อปัจจัยทางกายภาพต่าง ๆ
- เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางวิวัฒนาการที่ส่งผลให้ความสามารถในการอยู่รอด และการสืบพันธุ์ดีขึ้น
  - ด้านสัณฐาน, สรีระ, อวัยวะรับสัมผัส, พฤติกรรม

การปรับตัว

- การเลียนแบบ (Mimicry)

Mimic + Model + Signal receiver

  - เป็นการที่สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่ง (mimic) มีลักษณะที่เหมือน/คล้ายกับสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง (model) แล้วทำให้สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ (signal receiver) เข้าใจผิดว่าทั้งสองเป็นชนิดเดียวกัน

Mimicry

Monarch
(with alkaloids
from milkweeds)

Viceroy
(with no toxins)

การปรับตัว

- การพรางตัว (Camouflage)
  - เป็นการที่สิ่งมีชีวิตมีลักษณะหลอกตา ทำให้มันสามารถหลบผู้ล่า หรือทำให้ล่าเหยื่อได้เมื่อมันอยู่นิ่ง ๆ (กบดาน)

© Neil Phillips
www.uk-wildlife.co.uk

การปรับตัว

- Deceptive coloration

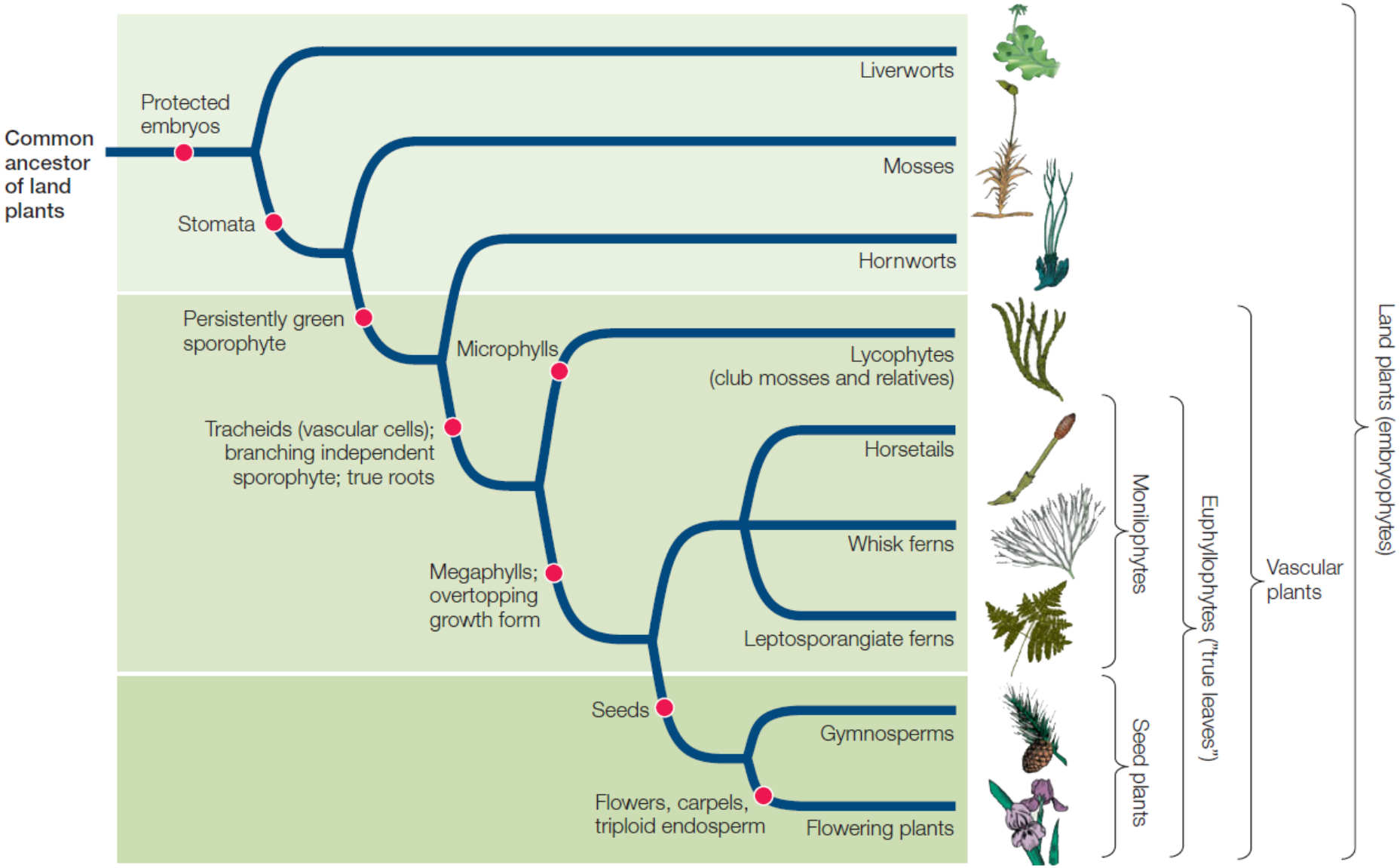
การปรับตัว

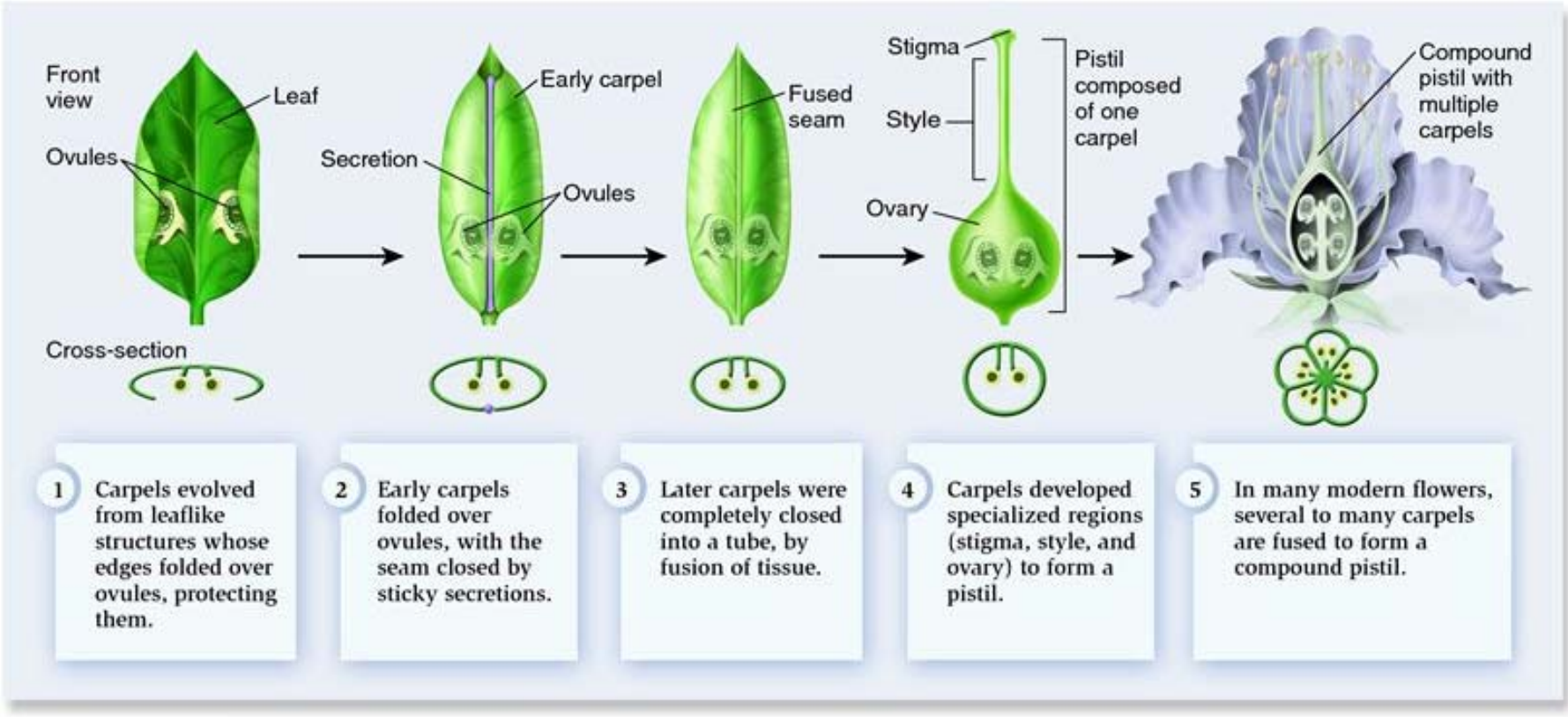
- Warning (aposematic) coloration

วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

- มักเพิ่มความซับซ้อนและความจำเพาะ
- วิวัฒนาการของพืช
- วิวัฒนาการของสัตว์
- วิวัฒนาการของมนุษย์

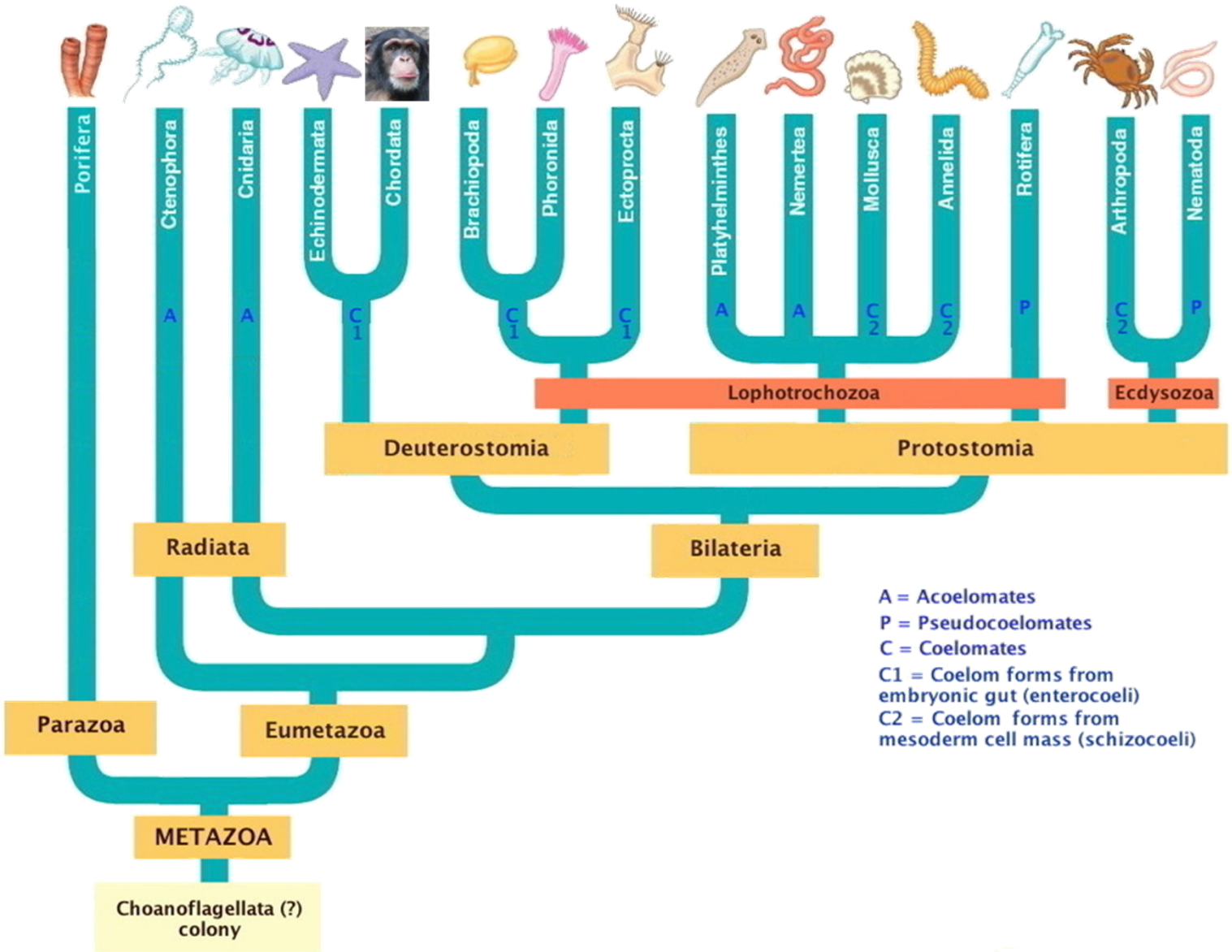
วิวัฒนาการของพืช





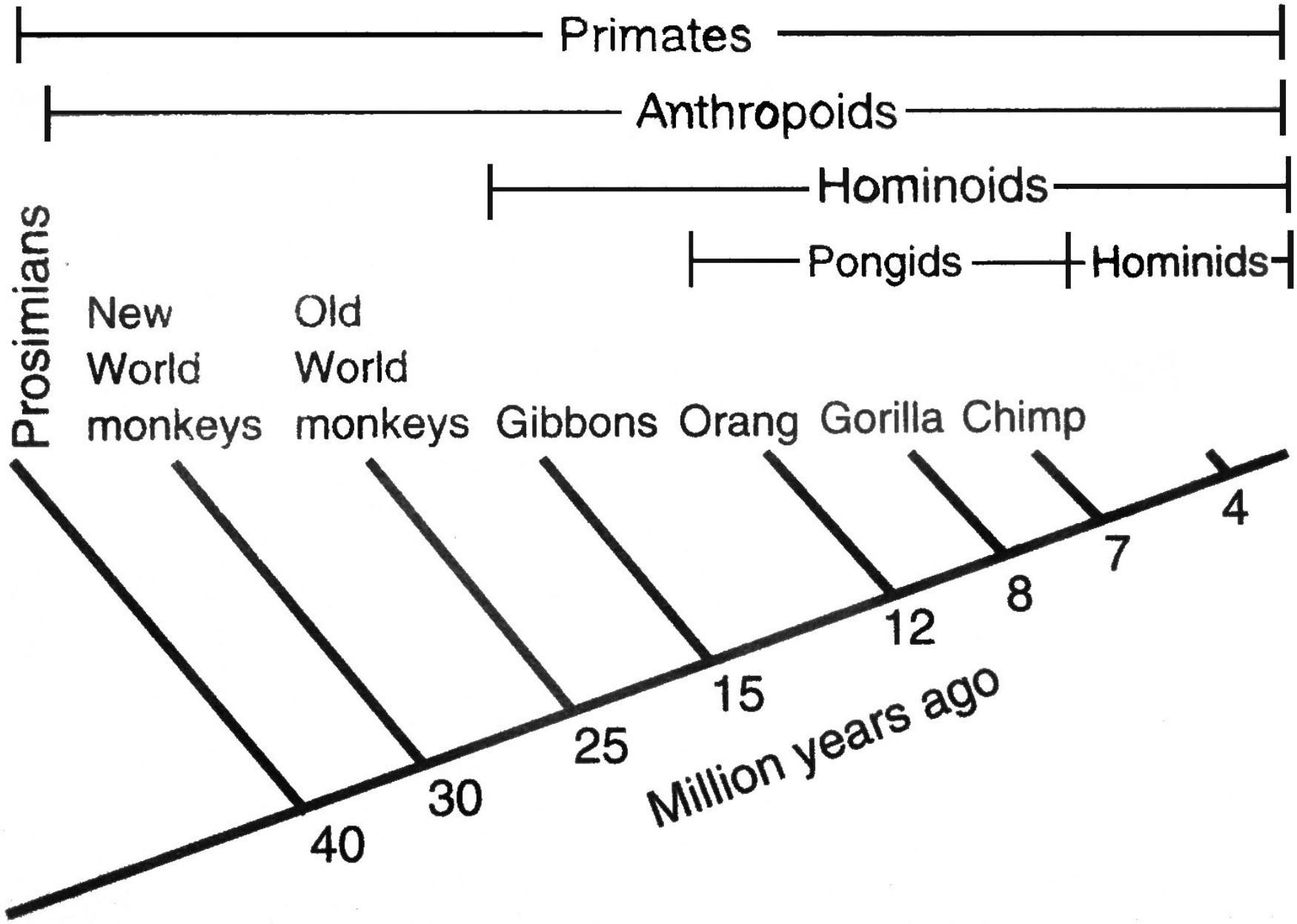
(b) Carpel evolution

วิวัฒนาการของสัตว์



วิวัฒนาการของมนุษย์

- Apes
  - Pongids: อุรังอุตัง กอริลลา ชิมแพนซี
  - Hominids: มนุษย์ และบรรพบุรุษของมนุษย์


Primates
Anthropoids
Hominoids
Pongids
Hominids
Prosimians
New World monkeys
Old World monkeys
Gibbons
Orang
Gorilla
Chimp
40
30
25
15
12
8
7
4
Million years ago

วิวัฒนาการของมนุษย์

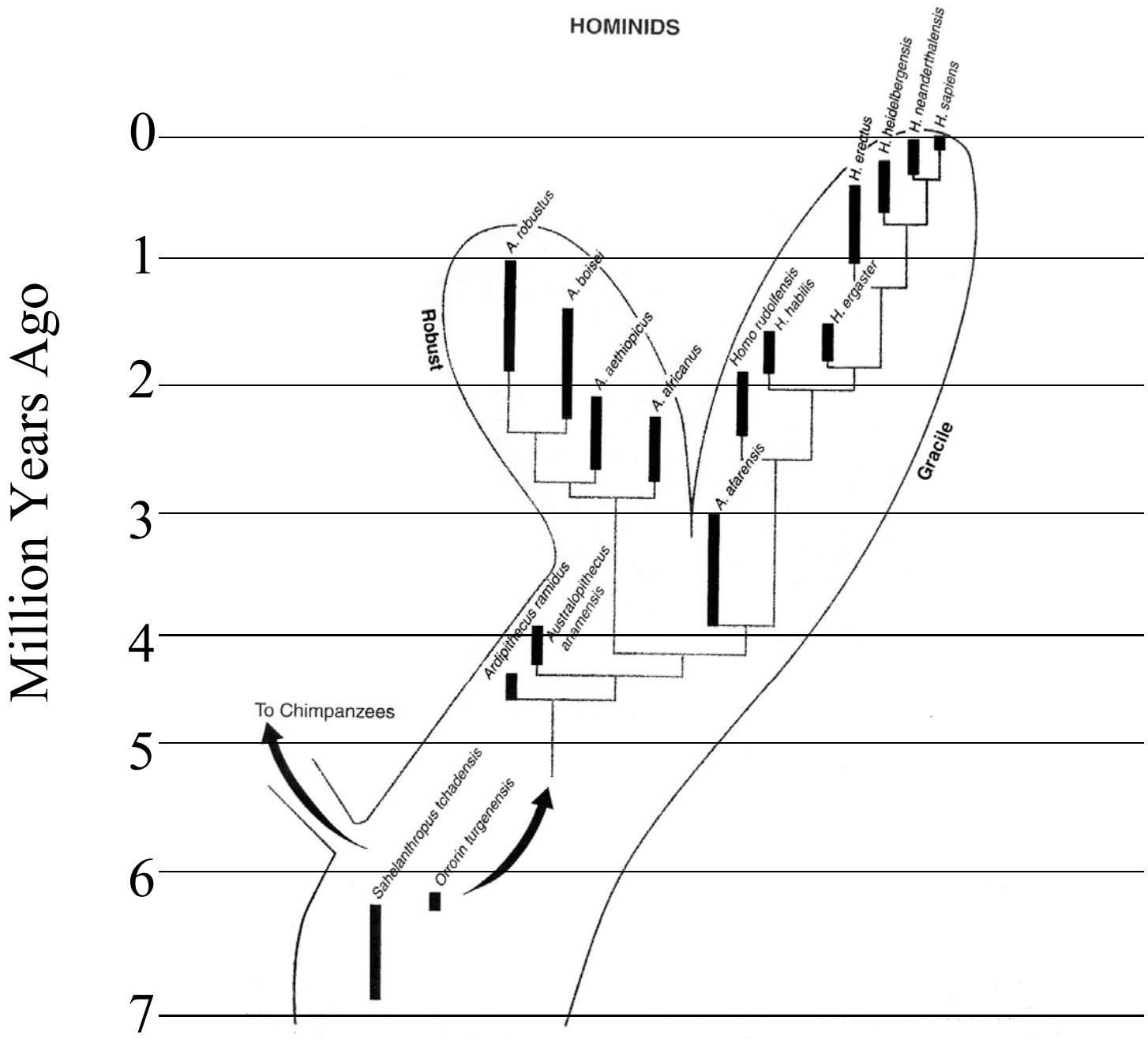
- ลักษณะของโฮมินิด
  - แขนยาว (ยาวถึงสะโพก) เป็นลักษณะที่มาจากบรรพบุรุษที่ห้อยโหน
  - กระดูกไหปลาร้า (Collarbone, Clavicle) ช่วยให้กระดูกข้อต่อไม่เคลื่อนเมื่อห้อยโหน

วิวัฒนาการของมนุษย์

- มือที่ยึดจับได้
- การเคลื่อนที่แบบสองขาและหลังตั้งตรง (bipedal)
  - แม้ช้ากว่าและสมดุลน้อยกว่าแบบสี่ขาแต่มีข้อดีที่ ส่วนหัว (ประสาทตา หู และจมูก) อยู่สูงขึ้น ทำให้รับรู้สภาพโดยรอบได้ดีกว่า

วิวัฒนาการของมนุษย์

- ขนาดสมองใหญ่ เมื่อเทียบกับขนาดตัว
- มีขน (hair) เพียงบางส่วนของร่างกาย
- การสื่อสารด้วยเสียงที่หลากหลายและซับซ้อน


HOMINIDS
Million Years Ago
0
1
2
3
4
5
6
7
Robust
Gracile
A. robustus
A. boisei
A. aethiopicus
A. africanus
A. afarensis
Ardipithecus ramidus
Australopithecus anamensis
Sahelanthropus tchadensis
Orrorin turgenensis
To Chimpanzees
Homo rudolfensis
H. habilis
H. ergaster
H. erectus
H. heidelbergensis
H. neanderthalensis
H. sapiens

การสูญพันธุ์ (Extinction)

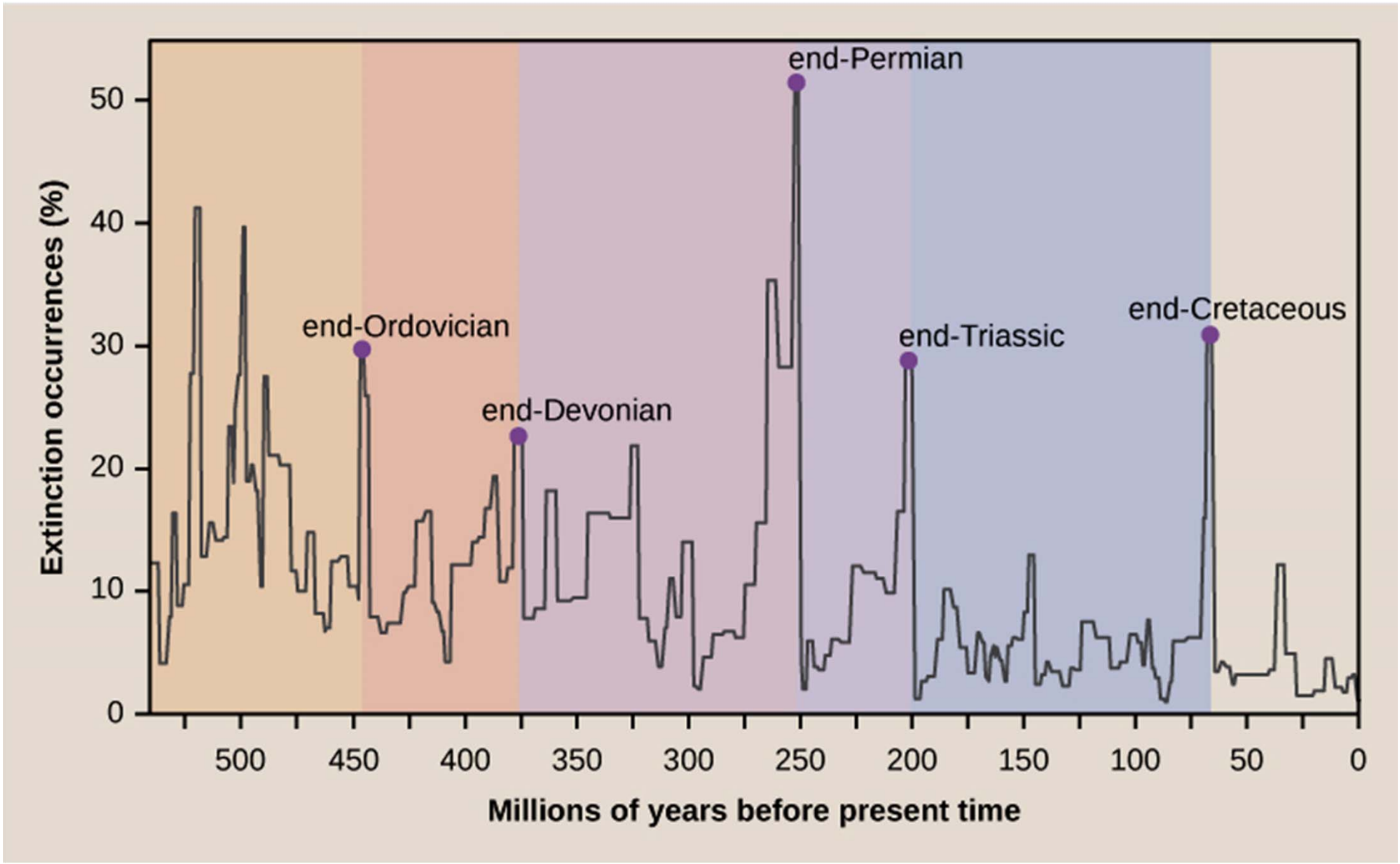
- เป็นกระบวนการที่ใช้กำจัดจีโนไทป์ที่มี fitness ต่ำไปจากระบบนิเวศ
- เป็นการหายไปของสปีชีส์ (ทั้งสปีชีส์) จากโลก และไม่สามารถสร้างหรือผลิตขึ้นมาใหม่ได้อีก ไม่ว่าวิธีใดก็ตาม

การสูญพันธุ์ (Extinction)

- สาเหตุ
  - ปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ
    - ภูเขาไฟระเบิด น้ำท่วม แผ่นดินไหว อุกาบาต
  - ผลกระทบจากมนุษย์
    - การทำลายถิ่นที่อยู่อาศัย ภาวะโลกร้อน

การสูญพันธุ์ (Extinction)

- การสูญพันธุ์หมู่ (Mass extinction)
  - เป็นการที่สิ่งมีชีวิตจำนวนมากสาบสูญไปในระยะเวลาใกล้เคียงกัน


end-Permian
end-Ordovician
end-Devonian
end-Triassic
end-Cretaceous
Extinction occurrences (%)
0
10
20
30
40
50
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
Millions of years before present time