

บทที่ 1

กำเนิดของสิ่งมีชีวิตและวิวัฒนาการ

เค้าโครงเรื่อง

- 1.1 กำเนิดของสิ่งมีชีวิตและคุณสมบัติของสิ่งมีชีวิต
 - 1.1.1 สมมติฐานกำเนิดของสิ่งมีชีวิตเริ่มแรก
 - 1.1.2 ทฤษฎีกำเนิดของสิ่งมีชีวิตพวกยูแคริโอทเริ่มแรก
 - 1.1.3 คุณสมบัติของสิ่งมีชีวิต
- 1.2 พันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการ
 - 1.2.1 ความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตเนื่องมาจากพันธุกรรม
 - 1.2.2 การสูญพันธุ์และการกำเนิดพันธุ์ใหม่
 - 1.2.3 การคัดเลือกโดยธรรมชาติ
- 1.3 สภาพแวดล้อมทางชีวภาพที่มีผลต่อวิวัฒนาการและการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิต
 - 1.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในเชิงอาหาร
 - 1.3.2 การอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน
- 1.4 สภาพแวดล้อมทางกายภาพที่มีผลต่อวิวัฒนาการและการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิต
 - 1.4.1 อุณหภูมิและความชื้น
 - 1.4.2 การเปลี่ยนแปลงของผิวโลก
- 1.5 ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของพืชและสัตว์

สาระสำคัญ

1. สิ่งมีชีวิตเริ่มแรกถือกำเนิดมาจากการรวมตัวกันตามธรรมชาติของสารประกอบอินทรีย์อย่างง่าย เช่น น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย จนได้สารประกอบอินทรีย์อย่างง่าย คือ กรดนิวคลีอิก ซึ่งเป็นสารประกอบสำคัญที่ต้องมีในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด
2. ยีนมีบทบาทสำคัญในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากพ่อแม่ไปยังลูกหลาน ความผิดปกติของยีนมีส่วนทำให้เกิดการกลาย ผลสืบเนื่องทางบวก คือ การมีชีวิตรอดในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างและอาจเกิดพันธุ์ใหม่ ผลสืบเนื่องทางลบ คือ การตายและสูญพันธุ์

3. การคัดเลือกตามธรรมชาติมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ละเล็กทีละน้อย เพื่อให้สิ่งมีชีวิตปรับตัวเพื่อการมีชีวิตรอด ทำให้มีวิวัฒนาการสู่ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต
4. สิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีความสัมพันธ์กัน ทั้งในชนิดเดียวกันเองและต่างชนิด ทำให้เกิดสภาวะสมดุลตามธรรมชาติ

จุดประสงค์ของการเรียนรู้

เมื่อศึกษาจบบทนี้แล้ว นักศึกษาสามารถบอกได้ว่า

1. คุณสมบัติของสิ่งมีชีวิตและสมมติฐาน การกำเนิดของสิ่งมีชีวิตมีอะไรบ้าง
2. กลไกของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตเป็นอย่างไร โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการ
3. การผันแปรของสารพันธุกรรมที่ทำให้เกิดความแตกต่างและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของวิวัฒนาการมีกลไกเป็นอย่างไร
4. ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกันและการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม มีผลทำให้เกิดวิวัฒนาการ และการแพร่กระจายได้อย่างไร

มนุษย์นับตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ ได้เริ่มสนใจตนเองและสภาพแวดล้อม เช่น ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ ภูเขา ต้นไม้ สัตว์ ว่าสิ่งเหล่านี้คืออะไร เกิดขึ้นมาได้อย่างไร ความไม่รู้และพิศวงต่อสิ่งเหล่านี้ก่อให้เกิดความเชื่อในปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ต่างกัน แต่โดยสรุปจะเชื่อว่าเป็นอำนาจลึกลับของสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่อาจจะเข้าใจและเข้าถึงได้ ล่วงถึงสมัยต้นศตวรรษที่ 20 วิทยาศาสตร์เข้ามามีบทบาทมากขึ้น และนักปราชญ์หลายท่านได้ค้นพบความจริงและสามารถพิสูจน์ได้ ถึงการกำเนิดและปรากฏการณ์ตามธรรมชาติต่าง ๆ เช่น เซอร์ไอแซก นิวตัน (Sir Isaac Newton) ทราบถึงแรงโน้มถ่วงของโลก ชาลส์ ดาร์วิน (Charles Darwin) อธิบายกลไกของการเกิด วิวัฒนาการ(evolution) ของสิ่งมีชีวิตเป็นต้น

การศึกษา ชีววิทยา(biology) ยุคแรกมักจะเน้น อนุกรมวิธาน(taxonomy) ของพืชและสัตว์ ทำให้ผู้ศึกษาไม่เข้าใจว่า ชีววิทยาที่แท้จริงคืออะไร คำว่า ชีวะ(Gr. bios) = ความรู้ ศาสตร์ การศึกษา ชีววิทยา จึงหมายถึงการศึกษาความเป็นไปของสิ่งมีชีวิต อนุกรมวิธานของพืชและสัตว์ เป็นเพียงส่วนหนึ่งของชีววิทยาเท่านั้น ความสำคัญที่แท้จริงของชีววิทยาอยู่ที่กลไกต่าง ๆ ที่จะทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงอยู่ และสามารถสืบพันธุ์ต่อไปได้ จนมีความ หลากหลาย(diversity) อย่างที่เห็นอยู่ในปัจจุบัน

1.1 กำเนิดของสิ่งมีชีวิตและคุณสมบัติของสิ่งมีชีวิต

นักดาราศาสตร์เชื่อว่า ระบบสุริยะได้ถือกำเนิดขึ้นเมื่อประมาณ 10-5 พันล้านปีมาแล้ว โลกซึ่งเป็นดาวเคราะห์ดวงหนึ่งของระบบสุริยะ ได้ถือกำเนิดขึ้นเมื่อประมาณ 4.6 พันล้านปีมาแล้ว ตลอดช่วงเวลานับพันล้านปีนั้น ได้มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและฟิสิกส์อย่างต่อเนื่อง จนทำให้โลกเป็นมวลที่มีเปลือกนอกแข็ง และมีแรงโน้มถ่วงมากพอที่จะดึงดูดแก๊สต่างๆ รวมถึงแก๊สที่เป็นส่วนประกอบหลักของสิ่งมีชีวิตด้วย คือ คาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) ไอน้ำ(H_2O) คาร์บอนมอนอกไซด์(CO) ไฮโดรเจน(H) ไนโตรเจน(N) อาจรวมถึงแอมโมเนีย(NH_3) และไฮโดรเจนซัลไฟด์(H_2S) ด้วย แต่แก๊สทั้ง 3 ชนิดหลังนี้ มักถูกสลายโดยรังสีอุลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์ เมื่อโลกเริ่มเย็นตัวลง ไอน้ำรวมตัวกันตกลงมาเป็นฝนชะล้างเกลือและแร่ธาตุที่มีอยู่บนพื้นผิวโลกไหลรวมกันลงสู่ที่ต่ำเกิดเป็นทะเลและมหาสมุทร

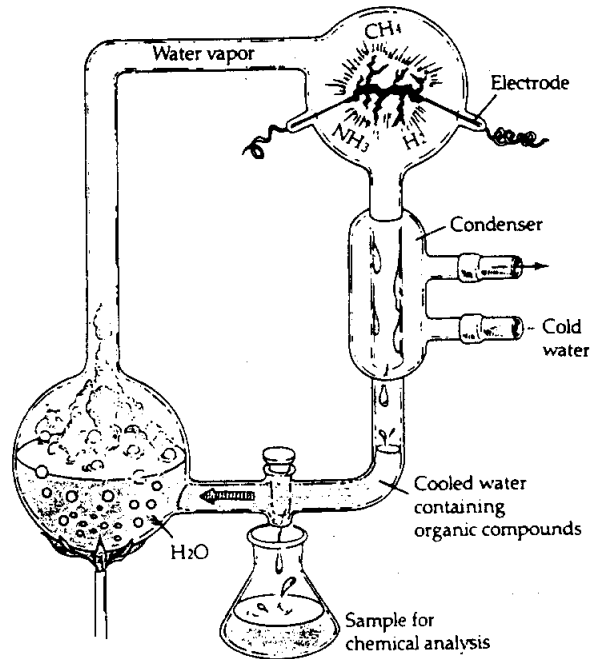
1.1.1 สมมติฐานกำเนิดของสิ่งมีชีวิตเริ่มแรก ปัจจัยที่จำเป็นต่อวิวัฒนาการทางเคมีจนทำให้สารอนินทรีย์รวมกันเป็นสารอินทรีย์ซึ่งเป็นส่วนประกอบเริ่มแรกของสิ่งมีชีวิตมี 4 ประการ คือ (1) ไม่มีออกซิเจนอิสระ (2) มีพลังงาน (3) มีกระบวนการเสริมสร้างทางเคมี และ (4) ระยะเวลา ออกซิเจนเป็นธาตุที่ก่อฤทธิ์ได้เร็ว จึงรวมกับธาตุอื่นเกิดเป็นสารประกอบออกไซด์ได้ง่าย จึงไม่อยู่ในสภาวะอิสระ พลังงานมีมาก ทั้งที่ได้โดยตรงจากดวงอาทิตย์ จากการชนของสะเก็ดดาว และจากการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาของพื้นผิวโลกเอง น้ำ สารประกอบอินทรีย์ที่ละลายน้ำ (ไอออน) และแก๊สที่มีอยู่หลายชนิดในบรรยากาศของโลกยุคนั้น ก็พร้อมสำหรับกระบวนการเสริมสร้างทางเคมี ซึ่งใช้ระยะเวลายาวนาน จนมีการวิวัฒนาการทางเคมีมาเป็นสิ่งมีชีวิตเมื่อประมาณ 4.6 พันล้านปี

การที่จะทราบว่า สิ่งมีชีวิตมีกำเนิดที่แท้จริงมาจากสิ่งใด เป็นเรื่องยากที่จะตอบให้กระจ่างได้ นักชีวเคมีได้ทำการศึกษาวิเคราะห์เซลล์ของสิ่งมีชีวิตหลายชนิดและพบว่า ประกอบด้วยสารหลัก 4 ชนิดด้วยกัน คือ โปรตีน(protein) คาร์โบไฮเดรต(carbohydrate) ไขมันหรือลิพิด(lipid) และ กรดนิวคลีอิก(nucleic acid) สัดส่วนของสารประกอบอินทรีย์ และอนินทรีย์อื่นๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของเซลล์

เนื่องจากสารประกอบอินทรีย์ถูกสร้างขึ้นโดยสิ่งมีชีวิต จึงทำให้มีคำถามว่า สิ่งมีชีวิตเริ่มแรกที่จะมาทำหน้าที่สร้างสารประกอบอินทรีย์นั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร แนวคิดในช่วงทศวรรษ 1920 ของ โอพาริน(Oparin) นักเคมีชาวรัสเซีย และ ฮัลเดน(Haldane) นักสรีรวิทยาและพันธุศาสตร์ชาวสก๊อต เชื่อว่า สารประกอบอินทรีย์อย่างง่าย เช่น น้ำตาล นิวคลีโอไทด์(nucleotide) และกรดอะมิโน น่าจะเกิดจากการรวมตัวกันตามธรรมชาติของสารอนินทรีย์ที่ห่อหุ้มผิวโลกอยู่ในช่วงเวลานั้น โดยมีฟ้าแลบและฟ้าผ่าเป็นเครื่องช่วย

ในช่วงทศวรรษ 1950 แฮโรลด์ ยูรี และ สแตนลีย์ มิลเลอร์ (Harold Urey & Stanley Miller) นำแนวคิดของโอพารินมาทำการทดลองเพื่อตรวจสอบว่า มีความเป็นไปได้หรือไม่ โดยบรรจุอากาศและไอน้ำลงในเครื่องสำเร็จ(รูป 1-1) แล้วให้กระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปเพื่อให้เกิดฟ้าแลบและฟ้าผ่าเทียมขึ้นผลที่ได้คือ สารประกอบพวกกรดอะมิโน และสารประกอบเคมีอย่างง่ายอีกหลายชนิด จึงมีสมมติฐานว่า สิ่งมีชีวิตแรกเริ่มนั้น น่าจะเกิดจากการรวมกันของสารเหล่านี้

รูป 1-1 แผนภาพเครื่องสำเร็จของ Urey & Miller เพื่อทดลองสร้างกรดอะมิโนจากสารประกอบอนินทรีย์ (จาก Campbell, 1990)



ปัจจุบันมีหลักฐานทางธรณีฟิสิกส์ว่า โลกในยุคนั้นมีได้อุดมด้วยมีเทน และแอมโมเนียดังเช่นยูรีและมิลเลอร์คาดเดาไว้ อย่างไรก็ตาม แนวคิดการรวมกันเป็นโมเลกุลของสารประกอบอย่างง่ายมิได้ปราศจากความเป็นจริง นักวิทยาศาสตร์หลายท่านเลียนแบบการทดลองของยูรีและมิลเลอร์ โดยใช้สัดส่วนและความหลากหลายของสารประกอบอนินทรีย์ ผลที่ได้คือ สารประกอบอินทรีย์หลายชนิดรวมถึง เบส(base) ซึ่งเป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของสารประกอบกรดนิวคลีอิกด้วย

โอพารินเชื่อว่าสารอินทรีย์เหล่านั้นสะสมอยู่บนพื้นท้องทะเลส่วนที่ตื้น และใช้เวลายาวนานมากในการเปลี่ยนแปลงรวมตัวกันจากโมโนเมอร์มาเป็นพอลิเมอร์ โดยทั่วไปแนวคิดการเกิดโปรตีนและสารโมเลกุลใหญ่ที่พบในเซลล์สิ่งมีชีวิตนั้นได้มาจากการทดลองการเกิดของสารประกอบจนได้โปรตีน กรดนิวคลีอิก และสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่จากปฏิกิริยามีพันธะกัน

ของโมเลกุลเล็กโดย การดึงน้ำออก(dehydration) จึงสันนิษฐานว่า สารพอลิเมอร์อินทรีย์เริ่มแรกน่าจะถูกสังเคราะห์ แล้วสะสมอยู่บนผิวเม็ดดินโคลนหรือก้อนหิน (บางสมมติฐานเชื่อว่าสะสมอยู่บริเวณปล่องน้ำพุร้อนกันมหาสมุทรที่มีไฮโดรเจนซัลไฟด์อยู่มาก) การเชื่อเช่นนั้นเนื่องจากดินและหินมีส่วนประกอบของธาตุเหล็กและสังกะสี ซึ่งไอออนของธาตุทั้งสองมีคุณสมบัติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา(catalyst) ยิ่งไปกว่านั้น ดินสามารถพันธะกับน้ำตาลและกรดอะมิโนบางชนิด(ที่พบในสิ่งมีชีวิต)ได้ด้วย คำถามที่ตามมา คือ พอลิเมอร์รวมกันเป็นสิ่งมีชีวิตแรกเริ่มได้อย่างไร ซิดนีย์ ฟอกซ์(Sidney Fox) แห่งมหาวิทยาลัยไมอามี รัฐฟลอริดา ได้ทำการทดลองเพื่อพิสูจน์การรวมกันเป็นพอลิเมอร์ โดยนำกรดอะมิโนมาผสมกับดินในเครื่องสำเร็จแล้วเผา ได้สารประกอบพอลิเพปไทด์(polypeptide) จึงตั้งชื่อว่า โปรตีนอยด์(proteinoid) เรียกการ polymerization protenoid โดยกลไกทางชีววิทยาเนื่องจากการรวมกันของโมเลกุลกับประจุที่ clay particle ว่า โปรโตไบออนท์(protobiont)

นักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ทดลองรวมสารอินทรีย์อย่างง่ายและพอลิเมอร์ โดยแปรสัดส่วนสารเหล่านี้ และใช้หลายระเบียบวิธีทดลอง จนได้สารที่มีคุณสมบัติบางอย่างคล้ายสารที่พบในสิ่งมีชีวิตที่เป็นจุลชีพโบราณ(โปรโตไบออนท์) ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น ไมโครสเฟียร์(microsphere) ลักษณะทรงกลม เกิดจากการที่น้ำถูกผนวกเข้ามาสู่สารโปรตีนอยด์ มีคุณสมบัติของการออสโมซิส และบางชนิดมีประจุที่ผิวด้วย ไมโครสเฟียร์สามารถดูดกลืนสารจากสภาพแวดล้อมจึงมีคุณสมบัติคล้ายเยื่อหุ้มเซลล์ต่างๆที่ไม่มีลิพิด ไลพโซม(liposome) เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของโปรโตไบออนท์ ลักษณะทรงกลมถูกล้อมด้วยลิพิดสองชั้นเช่นเดียวกับที่พบบนเยื่อหุ้มเซลล์ โคอะเซอร์เวท(coacervate) ก็เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของโปรโตไบออนท์ ประกอบด้วยโมเลกุลของสารอินทรีย์มากกว่าสองชนิดขึ้นไป (เช่น พอลิเพปไทด์ กรดนิวคลีอิก และพอลิแซ็กคาไรด์) โคอะเซอร์เวทมีคุณสมบัติของกระบวนการเมแทบอลิซึมอย่างง่าย โดยมีการจำลองแบบกรดนิวคลีอิก แล้วมีการแบ่งได้ด้วย จากความหลากหลายผลของการทดลองจนได้สารหลายชนิดที่มีคุณสมบัติบางอย่างของสิ่งมีชีวิต จึงสันนิษฐานว่า สิ่งมีชีวิตเริ่มแรกน่าจะวิวัฒนาการมาจากโปรโตไบออนท์ แล้วมีวิวัฒนาการมาเป็นสิ่งมีชีวิตพวก โปรแคริโอท(prokaryote) ซึ่งได้แก่พวก อาร์คีแบคทีเรีย(archaeobacteria) ไซแอนโอแบคทีเรีย(cyanobacteria) ซึ่งกลุ่มหลังนี้สังเคราะห์ด้วยแสงได้ เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน(รูป 1-2) และ แบคทีเรียทั่วไป(eubacteria)

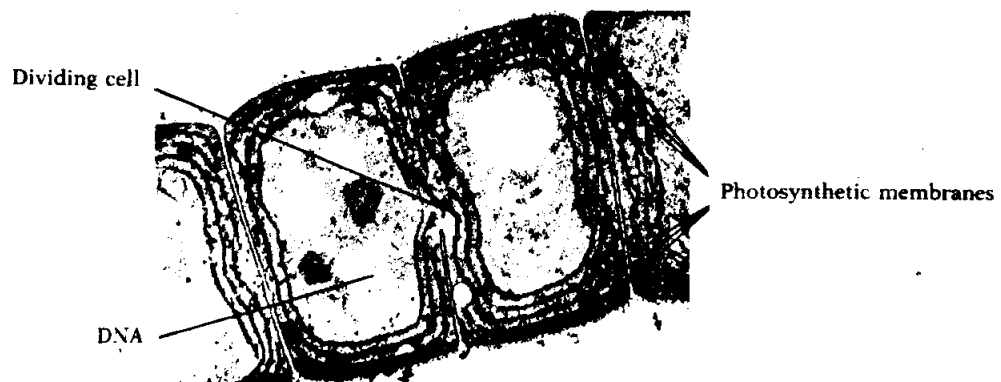
อาร์คีแบคทีเรียแบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย คือ methanogens, extreme halophiles และ thermoacidophiles กลุ่ม methanogen สามารถใช้ H_2 ไปรีดิวส์ CO_2 ให้เป็น CH_4 จึงเป็นกลุ่มที่เป็น anaerobic อย่างแท้จริง ถ้ามี O_2 จะตาย พบบริเวณพื้นหนองน้ำและที่ชื้น มักจะเห็น CH_4 ผุดขึ้นมาเป็นระยะ กลุ่ม halophile อยู่ในที่เค็มจัดเช่น Great Salt Lake และ Dead Sea ซึ่งเค็มกว่าทะเลปกติถึง 10 เท่า ปรากฏลักษณะสีชมพูอมม่วง เนื่องจากมี bacteriorhodopsin อยู่ในเยื่อหุ้ม

เซลล์ ใช้ช่วยสังเคราะห์ด้วยแสงแล้วปล่อย O_2 ออกมา กลุ่ม thermoacidophiles อยู่ได้ทั้งที่ร้อน และเป็นกรด คือ 60-80 C pH 2-4 เช่นสกุล *Sulfolobus* ที่น้ำพุร้อน Yellow Stone N P ในสหรัฐอเมริกา

ไซแอนโนแบคทีเรียมีคลอโรฟิลล์เอเช่นเดียวกับพืช การสังเคราะห์ด้วยแสงใช้ NADP ส่งอิเล็กตรอน จึงปล่อย O_2 เป็นการเพิ่ม O_2 สู่ชั้นบรรยากาศ คลอโรฟิลล์เออยู่ที่ไทลาคอยด์ นอกจากนี้ยังมีสารสีอื่น เช่น แดง และน้ำเงิน จึงทำให้หลายชนิดมีสีฟ้าเขียว(blue-green) ซึ่งเป็นที่มาของชื่อสามัญ นอกจากนี้สีดังกล่าวแล้วยังพบเป็นสีส้ม เหลือง แสด เขียว น้ำตาล และดำ ตามสัดส่วนของสารสีที่มาประกอบกัน

กลุ่มของ green sulfur และ purple sulfur bacteria เป็น photoautotroph แต่ไม่คล้ายกับพืชเหมือน cyanobacteria มีระบบ photosystem ระบบเดียว(ปกติมี 2 ระบบ) แล้วใช้อิเล็กตรอนที่สกัดจาก H_2S (ไม่ใช่จาก H_2O) ไปรีดิวซ์ NADP ดังนั้นจึงไม่สามารถปล่อย O_2 ออกมาเหมือนไซแอนโนแบคทีเรีย จึงพบเฉพาะในแหล่ง anaerobic คลอโรฟิลล์ใน green sulfur คล้ายคลอโรฟิลล์เอ แต่ purple sulfur bact มีสารสี bacteriochlorophyll ซึ่งดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงคลื่นยาวกว่าคลอโรฟิลล์

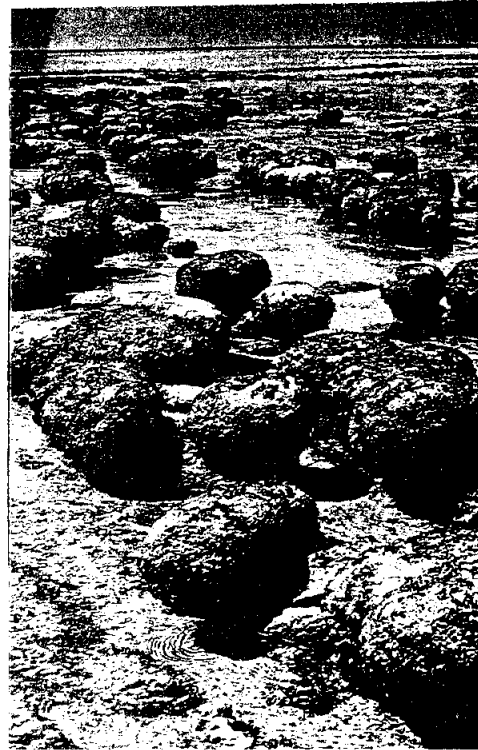
รูป 1-2 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของไซแอนโนแบคทีเรียสกุล *Oscillatoria* ที่กำลังแบ่งเซลล์ ให้สังเกตบริเวณที่มี DNA เส้นสีเข้มล้อมรอบไซโทพลาซึมคือเยื่อบางสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสง (จาก Campbell, 1990)



เป็นที่ปราศจากข้อสงสัยว่า เซลล์เริ่มแรกที่วิวัฒนาการมาจากสิ่งมีชีวิตเริ่มแรกอย่างง่ายคือพวก โพรแคริโอท หลักฐานยืนยันสมมติฐานนี้คือ ซากคด หรือ ซากดึกดำบรรพ์(fossil) ชื่อ สโตรมาทอลิท(stromatolites) ลักษณะเป็นก้อนหินปูนสร้างขึ้นมาหุ้มเซลล์โดยไซแอนโนแบคทีเรียโบราณกลุ่มที่เรียกว่า สโตรมาทอลิท การสะสมเกิดต่อเนื่องเริ่มจากเซลล์บริเวณด้านล่างเมื่อมีการสะสมของแคลเซียมคาร์บอเนตมากขึ้น เซลล์จะตายเซลล์ที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ อยู่ชั้นบนสุดจะทำหน้าที่สืบทอดสายพันธุ์และสร้างสารแข็งมาหุ้มเซลล์ใหม่ต่อไป ทำให้มีลักษณะเป็นก้อนใหญ่

ชั้น ซากคดของสโตรมาทอลิท พบได้จากชั้นหินหลายแห่งเช่นที่ Great Slave Lake ในแคนาดา ชั้นหินที่เรียกว่า Gunflint Iron Formation บริเวณริมทะเลสาบ Superior ในสหรัฐอเมริกา และหลายแห่งใน Western Australia ซึ่งมีอายุเก่าแก่ที่สุดอยู่ในช่วง 3.1-3.4 พันล้านปี แม้กระทั่งในปัจจุบันสโตรมาทอลิทบางชนิดที่ยังมีชีวิตอยู่และสะสมหินปูนคล้ายกับกลุ่มที่ปรากฏหลักฐานเป็นซากคด ก็ยังคงมีหลงเหลืออยู่ในบริเวณเขตนํ้าตื้นของอุทยานแห่งชาติ Yellowstone ในสหรัฐอเมริกา และที่ Shark Bay ในออสเตรเลียตะวันตก(รูป 1-3)

รูป 1-3 ก้อนหินที่เกิดจากการสะสมของสารแคลเซียมคาร์บอเนต สร้างขึ้นโดยไซแอนโอแบคทีเรีย มีอายุเก่าแก่ถึง 2000 ปี พบที่อ่าว Shark Bay ใน Western Australia (จาก Solomon, et. al., 1993)



โพรแคริโอท วิวัฒนาการมาเป็นพวก ยูแคริโอท(eukaryote) ในมหายุค พรีแคมเบรียน (Precambrian) เมื่อประมาณ 570 ล้านปีมาแล้ว ยูแคริโอทเริ่มแรกมีการดำรงชีพได้หลายแบบ คือ (1) แบบสัตว์ได้แก่พวก โปรโตซัว(protozoa) ซึ่งได้มีวิวัฒนาการมาเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและสัตว์มีกระดูกสันหลัง (2) แบบพืช ได้แก่พวก สาหร่าย(algae) ซึ่งได้มีวิวัฒนาการมาเป็นพืชชั้นต่ำและพืชชั้นสูง (3) แบบกินซาก ได้แก่พวกที่มีวิวัฒนาการมาเป็น ฟังไจ(fungi) คือ พวกเห็ด รา และยีสต์

1.1.2 ทฤษฎีกำเนิดของสิ่งมีชีวิตยูแคริโอทเริ่มแรก สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ยังไม่สามารถไขปัญหาได้ คือ เมื่อมีสิ่งมีชีวิตเริ่มแรกแล้ว มีวิวัฒนาการเป็นสิ่งมีชีวิตอย่างง่ายพวกโพรแคริโอท ขั้นตอนต่อมาวิวัฒนาการมาเป็นพวกยูแคริโอทได้อย่างไร การไขข้อข้องใจเหล่านี้ ได้มาจากการ

ศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของสิ่งมีชีวิตทั้งที่อยู่อย่างอิสระและมีความสัมพันธ์กัน ทำให้ได้ทฤษฎีเกี่ยวกับเรื่องนี้ 2 ทฤษฎี คือ ทฤษฎี เอนโดจีนัส(endogenous theory) ที่ว่า ยูแคริโอทเริ่มแรกวิวัฒนาการจากการมีโปรแคริโอทสองชนิดมาอาศัยอยู่ร่วมกัน โดยได้แนวคิดจากการอาศัยอยู่ร่วมกันของโปรแคริโอทสองชนิด หรือการอาศัยอยู่ร่วมกันของโปรแคริโอทและยูแคริโอทที่พบเห็นในปัจจุบัน อีกทฤษฎีหนึ่ง คือ ทฤษฎี ออโทจีนัส(autogenous theory) ที่ว่า ยูแคริโอทเริ่มแรกวิวัฒนาการมาจากการที่เยื่อหุ้มเซลล์ของโปรแคริโอทเว้าเข้าภายใน มาเป็นเซลล์ออร์แกนเนลล์พวกไมโทคอนเดรีย พลาสติด เยื่อหุ้มนิวเคลียส ทั้งสองทฤษฎีมีผู้โต้แย้งมาก ลินน์ มากิวลิส (Lynn Margulis) จึงเสนอ ทฤษฎี เอนโดซิมไบโอติก(endosymbiotic theory) ที่ว่า ยูแคริโอทวิวัฒนาการมาจากโปรแคริโอทด้วยการมี แอโรบิกแบคทีเรีย เข้ามาอาศัยแบบพึ่งพา เรียกว่าเป็น เอนโดซิมไบออนท์(endosymbiont) ขณะเดียวกันโปรแคริโอทก็มีการเว้าของเยื่อหุ้ม ซึ่งต่อไปจะวิวัฒนาการมาเป็น เอนโดพลาสติกเรติคูลัม และเยื่อหุ้มนิวเคลียส แอโรบิกแบคทีเรียจะวิวัฒนาการมาเป็นไมโทคอนเดรีย ทำให้ได้ยูแคริโอทเริ่มแรกที่จะเป็นต้นตระกูลของโปรติสท์พวกที่ไม่มีคลอโรพลาสต์ ซึ่งจะมีวิวัฒนาการต่อไป เป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์กลุ่มของฟังไจและสัตว์ ยูแคริโอทเริ่มแรกนี้อาจมีแบคทีเรียที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้(photosynthetic bacteria) เข้าไปอาศัยแบบพึ่งพาอีก ต่อมาจึงมีวิวัฒนาการมาเป็นคลอโรพลาสต์ ทำให้เกิดมียูแคริโอทเริ่มแรกกลุ่มที่มีคลอโรพลาสต์ ซึ่งวิวัฒนาการต่อไป เป็นโปรติสท์พวกสาหร่ายและพืช(รูป 1-4 ก.) แนวคิดของทฤษฎีนี้มีเค้าเงื่อนมาจากการพบไซแอนโดแบคทีเรีย(*Cyanophora paradoxa*) เป็นเอนโดซิมไบออนท์ที่อยู่ในโปรโตซัวพวกแฟลเจลเลท(รูป 1-4 ข.) สาหร่ายเซลล์เดียวมากชนิดอาศัยอยู่ร่วมกันกับพวกปะการัง ทำหน้าที่ช่วยเสริมอาหารบางอย่างให้ปะการัง ขณะเดียวกันก็ใช้ประโยชน์จากของเสียเข้ามาเข้าสู่กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและยังช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงให้กับปะการังและแหล่งน้ำใกล้เคียงด้วย *Myxotricha paradoxa* ซึ่งเป็นโปรโตซัวดำรงชีพแบบอาศัยอยู่ร่วมกันในลำไส้ของปลวก มีเอนโดซิมไบออนท์อยู่ในเซลล์หลายชนิด แอมยังมีแบคทีเรียพวกสไปโรคีทมาเกาะติดอยู่ด้วย ทำหน้าที่คล้ายเป็นแฟลเจลลา สิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เช่น เพรียงหัวหอม(*Diplosoma virens*) มีโปรแคริโอทที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้อาศัยอยู่ในเซลล์ เป็นที่น่าสังเกตว่า โปรแคริโอทที่พบในเพรียงหัวหอมนี้ส่วนใหญ่ เป็นกลุ่ม Chloroxybacterium มากกว่ากลุ่ม Cyanobacterium จากการศึกษา Chloroxybacterium สกุล *Prochloron* (รูป 1-4 ค.) พบว่า สารสีในสกุลนี้มีคลอโรฟิลล์ เอ และ บี รวมทั้งสารสีแคโรทีนอยด์ ซึ่งพบได้ทั่วไปในเซลล์พืช อย่างไรก็ตามทฤษฎีนี้ไม่สามารถอธิบายกำเนิดที่แน่ชัดของเยื่อหุ้มนิวเคลียส และกำเนิดของซีเลียและแฟลเจลลา ซึ่งเป็นโครงสร้างของไมโครทิวบูลที่ไม่พบในพวกโปรแคริโอท จึงยังหาข้อสรุปที่แน่ชัดไม่ได้

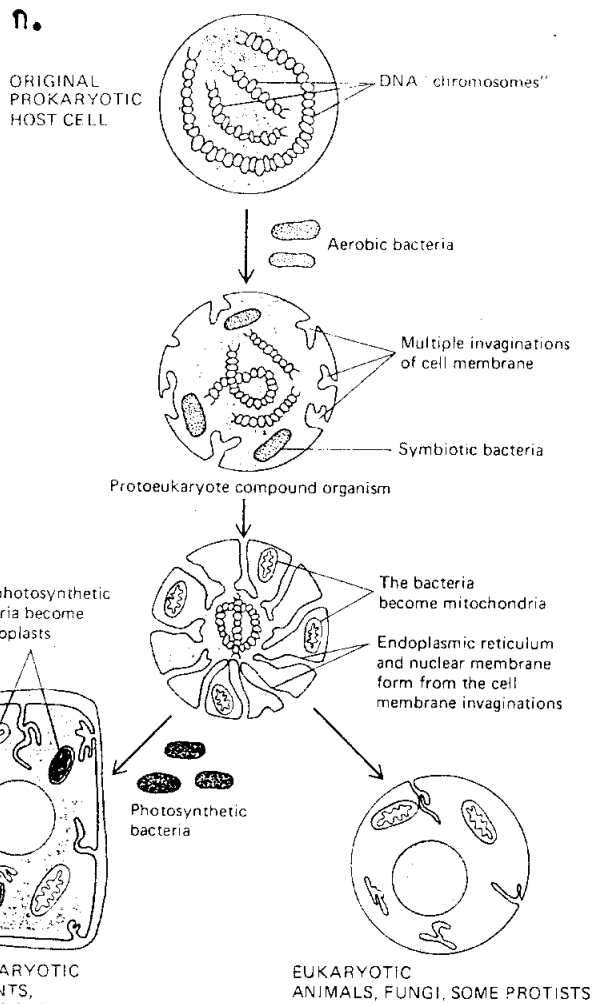
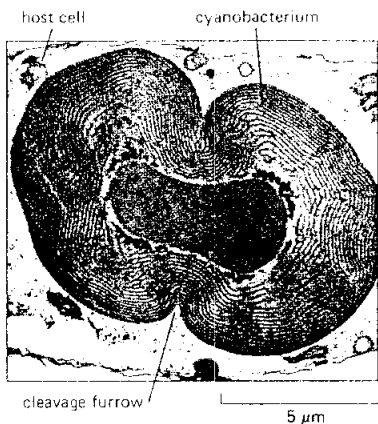
1.1.3 คุณสมบัติของสิ่งมีชีวิต การให้คำจำกัดความและคำอธิบายว่า สิ่งมีชีวิตต้องมีคุณสมบัติอย่างไร เป็นเรื่องค่อนข้างยาก แต่อาจแบ่งออกเป็นข้อๆให้สังเกตได้ง่าย คือ

(1) มีการจัดรูปร่างที่เฉพาะเจาะจง สิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีลักษณะและรูปร่างเป็นเอกลักษณ์ของตน เริ่มตั้งแต่ไวรัสซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กกว่าเซลล์ แต่ละชนิดมีรูปร่างที่เฉพาะของ

รูป 1-4 แผนภาพและภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ก. แผนภาพทฤษฎีเอนโดซิมไบโอติก ข. ไฮแอโนแบคทีเรียชนิด *Cyanophora paradoxa* เป็นเอนโดซิมไบออนท์อยู่ภายในเซลล์ของโปรโตซัวพวกแฟลเจลเลท

ค. โครงสร้างภายในเซลล์ของ Chloroxy bacterium สกุล *Prochloron* ซึ่งมีสารสีเช่นเดียวกันกับที่พบในเซลล์พืช

(จาก Vilee, et al., 1990) ข.



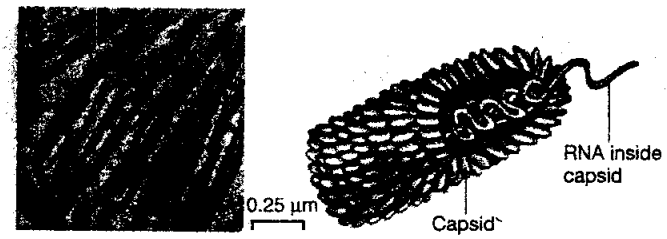
ต้นทั้งสิ้น เช่น tobacco mosaic virus ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคใบด่างของพืชพริกยาสูบ มี RNA เป็นเกลียวอยู่ภายใน หุ้มด้วยโปรตีนที่เรียกว่า แคปซิด(capsid) (รูป 1-5 ก.) influenza virus ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคไข้หวัดใหญ่ มี RNA ขดเป็นก้อนเกลียวอยู่ภายใน แคปซิดที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยมเล็ก ๆ จำนวนมาก(รูป 1-5 ข.) adenovirus ซึ่งเป็นกลุ่มไวรัสที่ทำให้เกิดโรคหลายโรคกับระบบช่องหายใจช่วงบน มีลักษณะเป็นรูปหลายเหลี่ยมขนาดเล็ก(รูป 1-5 ค.) และ T bacteriophage ซึ่งเป็นไวรัสของแบคทีเรีย มีรูปร่างและโครงสร้างที่ซับซ้อน คือ มีทั้งลักษณะเกลียวผสมอยู่กับลักษณะหลายเหลี่ยม(รูป 1-5 ง.) เมื่อสิ่งมีชีวิตมีวิวัฒนาการขึ้นมาเป็นโพรแคริโอทและยูแคริโอท ความหลากหลายและรูปร่างก็มีเพิ่มมากขึ้น เริ่มตั้งแต่ระดับเซลล์เดียว (รูป 1-6) ขึ้นมาจนถึงระดับหลายเซลล์ซึ่งพบเห็นกันอยู่ในชีวิตประจำวัน

(2) มี กระบวนการเมแทบอลิซึม(metabolism) คือ กระบวนการสร้างพลังงาน (catabolism) และ กระบวนการใช้พลังงาน(anabolism) เพื่อให้เกิดกลไกต่างๆของการดำรงชีวิต กระบวนการเหล่านี้มีรูปแบบเช่นเดียวกันตั้งแต่แบคทีเรียขึ้นมาจากสัตว์ชั้นสูง โดยมีรายละเอียดต่างกันเพียงเล็กน้อย สำหรับไวรัสมีความพิเศษต่างจากสิ่งมีชีวิตอื่น กล่าวคือ การดำรงชีพต้องอาศัยอยู่ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตอื่นแล้วให้สารพันธุกรรมของไวรัสเหนี่ยวนำให้ DNA ของโฮสต์เซลล์ทำหน้าที่สร้างสารพันธุกรรมของไวรัสขึ้นมาใหม่ ซึ่งเป็นกลไกที่ซับซ้อนสามารถศึกษาได้จากตำราทางจุลชีววิทยา ในกรณีของพืช กระบวนการเมแทบอลิซึม คือ กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง(photosynthesis) ซึ่งพืชสร้างพลังงานโดยเปลี่ยนพลังงานแสงให้มาอยู่ในรูปของพลังงานเคมี (ATP) แล้วนำพลังงานเหล่านั้นไปสร้างสารอาหารเพื่อใช้หรือสะสมไว้ในต้นพืชต่อไป

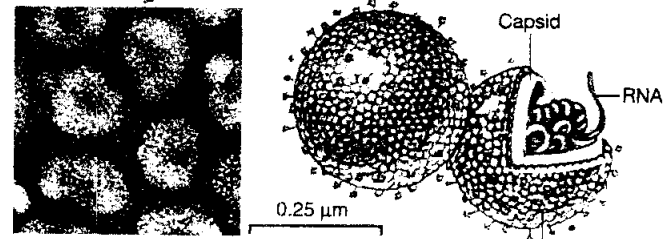
(3) การปรับสภาวะสมดุล ทั้งในร่างกายของสิ่งมีชีวิตและต่อสภาพแวดล้อม คุณสมบัตินี้ปรากฏชัดในทุกระดับของสิ่งมีชีวิต ตั้งแต่ไวรัสขึ้นมาจากพืชและสัตว์ชั้นสูง ไวรัสปรับตัวให้ดำรงชีพแบบปรสิต ถ้าอยู่ภายนอกเซลล์และมีความแห้งหรือความร้อนสูง ก็จะตาย พืชและสัตว์มีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดียิ่งขึ้น การปรับสภาวะสมดุลภายใน ส่วนใหญ่เป็นกลไกการทำงานของสารเคมี เช่น ฮอรโมน(hormone) หรือระบบการควบคุมโดยระบบประสาท (ในพวกสัตว์) การปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมภายนอกจะกล่าวถึงต่อไป

(4) มีการเจริญ สิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีการเจริญต่างรูปแบบกัน การเจริญของไวรัส คือ การเพิ่มจำนวนสารพันธุกรรม ทำให้มีอนุภาคของไวรัสอยู่ในโฮสต์เซลล์มากขึ้น พืชมีการเจริญและเปลี่ยนแปลงจากสปอร์(ถ้าเป็นกลุ่มที่สร้างสปอร์) หรือจากเมล็ดงอกออกมาเติบโตเป็นต้นที่จะสามารถสืบสายพันธุ์ต่อไป สัตว์ก็เช่นเดียวกัน สามารถเจริญสืบพันธุ์ได้ดังเช่นสัตว์ต่างชนิดที่พบเห็นอยู่ในชีวิตประจำวัน

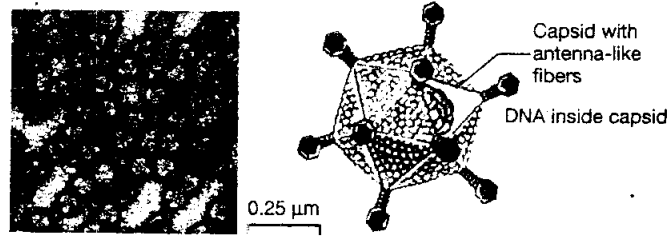
รูป 1-5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน(ภาพถ่าย) และภาพจำลอง(ภาพขาว) แสดงความหลากหลายรูปร่างของไวรัส ก. tobacco mosaic virus ข. influenza virus ค. adenovirus ง. T bacteriophage (จาก Solomon, et al., 1993)



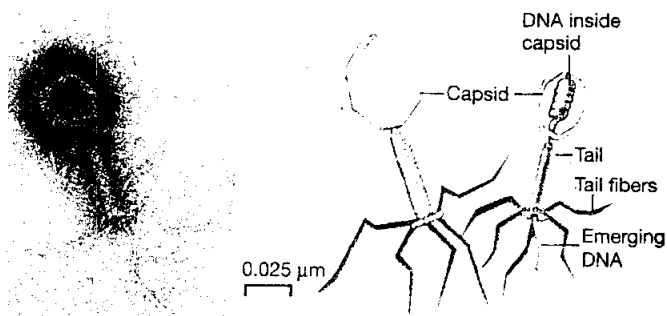
ก. Tobacco mosaic virus, a helical virus (not enveloped)



ข. Influenza virus, a polyhedral enveloped virus



ค. Adenovirus, a polyhedral virus (not enveloped)

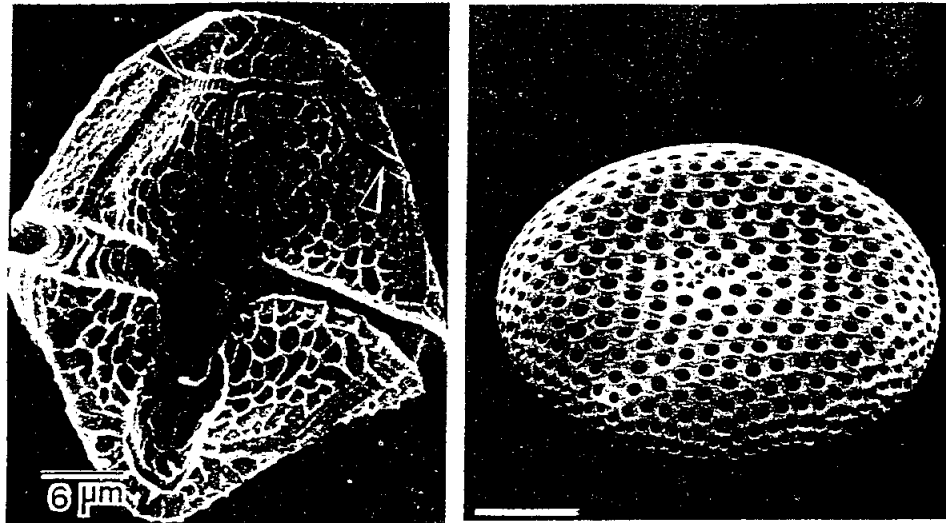


ง. T₄ bacteriophage, a polyhedral and helical virus (not enveloped)

รูป 1-6 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงความหลากหลายรูปร่างเปลือกของโปรติสต์ ก. *Peridinium* sp. (Phylum Dinomastigota) ข. *Thalassiosira confusa* (Phylum Bacillariophyta) สเกล 5 นาโนเมตร (จาก South & Whittick, 1987)

ก.

ข.



(5) มีการเคลื่อนไหว การเคลื่อนไหวมีความหมายกว้าง ครอบคลุมตั้งแต่การปิด-เปิดของรูปากใบพืช การหุบและกางของใบ(ต้นไมยราบ) ขึ้นมาจนถึงการเคลื่อนที่ไปจากจุดเดิมของแบคทีเรีย ซึ่งอาจเคลื่อนที่โดยสั่นไถล หรือมีแฟลเจลลาเป็นโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่ ถ้ากลุ่มของพวกโปรโตซัวจะมีโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่เรียกว่า อันดูลิพอดิเทียม(undulipodium) สัตว์เคลื่อนที่ได้โดยอาศัยความหลากหลายของโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่ที่เป็นเอกลักษณ์ของสัตว์แต่ละกลุ่ม พวกที่ไม่มีโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่เลย ก็ใช้การเคลื่อนไหวของลำตัวทำให้เคลื่อนที่ได้

(6) มีการสืบพันธุ์และการถ่ายทอดทางพันธุกรรม สิ่งมีชีวิตทุกชนิดสืบพันธุ์โดยการสร้างสารพันธุกรรมของตนโดยการจำลองแบบจากของเดิมขึ้นมาใหม่ แล้วแยกออกไปเป็นหน่วยใหม่ โดยทั่วไปจะมีลักษณะเหมือนเดิมทุกประการ ถ้าผิดไปจากเดิมบ้าง เรียกว่ามีการกลาย (mutation) อาจเกิดขึ้นในระดับยีนหรือระดับโครโมโซม แล้วแต่กรณี รายละเอียดเหล่านี้เป็นเรื่องซับซ้อน สามารถศึกษาได้จากตำราพันธุศาสตร์ ตัวอย่างของการสืบทอดทางพันธุกรรมและการกลายจะกล่าวถึงในข้อ 1.2

(7) มีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม สิ่งมีชีวิตทุกชนิดมีความสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมภายนอกได้เสมอ ไวรัสเมื่อเข้าไปอยู่ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตอื่นมีความสามารถ

ปรับเปลี่ยนให้โฮสต์เซลล์สร้างสารพันธุกรรมของตน ทำให้ไวรัสเพิ่มจำนวนสืบทอดสายพันธุ์ได้ โปรตีนหลายชนิดที่อาศัยอยู่ในทะเลมีเปลือกหุ้ม(รูป 1-6) เพื่อลดแรงกดดันของน้ำทะเลและแรงดันออสโมซิส พวกที่ดำรงชีพแบบปรสิตมักสร้างสารมาหุ้มเซลล์ให้เข้าสู่ระยะ ซิสต์(cyst) ในกรณีที่สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม สัตว์หลายชนิดก็ปรับตัวในทำนองเดียวกัน เช่น การเข้าสู่ระยะ จำศีล(hibernation) ในช่วงฤดูหนาวของพวก กบ กระรอก หนู หมี และสัตว์อื่นอีกหลายชนิด พืชก็ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีในหลายระดับหลายรูปแบบ เช่น พืชทะเลทราย ลำต้นเก็บน้ำได้ดี มีคลอโรฟิลล์อยู่ในเซลล์ของลำต้นเพื่อช่วยในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นการทดแทนใบที่เปลี่ยนแปลงเป็นหนามซึ่งสังเคราะห์แสงไม่ได้ แต่มีประโยชน์ช่วยลดการระเหยของน้ำได้ บางชนิดมีการสร้างขี้ผึ้งมาหุ้มผนังเซลล์ หรือมีขนละเอียดไว้ปกคลุมป้องกันการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้น ความหลากหลายในการปรับตัวของพืชนั้นอาจเนื่องมาจากพืชต้องเกาะติดอยู่กับที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมที่รุนแรงต่างจากสัตว์ที่มีโครงสร้างสำหรับการเคลื่อนที่อาจอพยพไปอยู่ที่อื่นที่เหมาะสมกว่า แล้วจึงกลับมาอยู่ถิ่นเดิมเมื่อสภาพแวดล้อมคืนสู่ภาวะปกติ สำหรับสัตว์มีความพิเศษต่างจากพืชหลายประการที่สำคัญ คือ การมีระบบประสาทที่เป็นกลไกตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นทั้งภายนอกและภายใน และยังมีฮอร์โมนมาช่วยทำงานเสริม รายละเอียดเหล่านี้ศึกษาได้จากบทที่ 2

เป็นที่ทราบกันว่าโรค เอ็ดส์(AIDS) เกิดจากเชื้อไวรัส (HIV Virus) ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิต แต่การจะสังเกตเห็นคุณสมบัติของสิ่งมีชีวิตให้ครบถ้วนดังข้อกำหนดเบื้องต้นเป็นเรื่องยาก ขึ้นอยู่กับระยะเวลาการฟักตัว และการตรวจพบเชื้อโรค โดยทั่วไป ไวรัสประกอบด้วยสารสำคัญ คือ กรดนิวคลีอิก และโปรตีนที่เรียกว่าแคปซิด(capsid) (รูป 1-5) กรดนิวคลีอิกมี 2 ชนิด คือ กรดไรโบนิวคลีอิก(ribonucleic acid = RNA) และ กรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก (deoxyribonucleic acid = DNA) (รูป 1-7) กรดนิวคลีอิกทั้งสองชนิด มีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถเพิ่มจำนวนให้เหมือนเดิมเรียกว่า การถ่ายแบบ(replication) เพื่อใช้เป็น แม่พิมพ์(template) สำหรับการถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรม(heredity)ได้ ยิ่งไปกว่านั้น ยังสามารถควบคุมกระบวนการเมแทบอลิซึมได้ด้วย นักชีววิทยาในปัจจุบันจึงเน้นกลไกของกระบวนการเมแทบอลิซึม และการถ่ายทอดสารพันธุกรรมเป็นหลักสำคัญของการกำหนดคุณสมบัติของสิ่งมีชีวิต

1.2 พันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการ

วิวัฒนาการ เป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและใช้เวลานานนับล้านปี และเป็นผลเนื่องมาจากหลายปัจจัยที่สัมพันธ์กัน เช่น การกลายของ สารพันธุกรรม(genetic material) การปรับตัว(adaptation) หรือจัดตัวของสิ่งมีชีวิตเข้ากับสภาพแวดล้อม การคัดเลือกตามธรรมชาติ

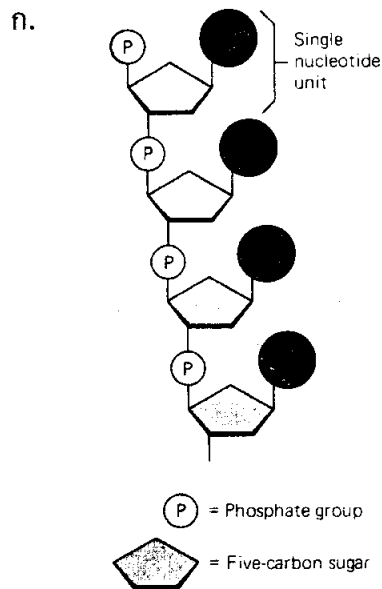
(natural selection) เพื่อความอยู่รอด ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตด้วยกันเองในหลายรูปแบบ ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

สารพันธุกรรม คือ DNA หรือ RNA พบในสิ่งมีชีวิตนับตั้งแต่พวก ไวรัส โมเนรา (Monera) คือ พวกแบคทีเรีย โปรติสตา(Protista) คือ พวกโปรโตซัว รา น้ำ ราเมือก และ สาหร่าย ขึ้นมาจนถึงพืชและสัตว์ชั้นสูงรวมถึงมนุษย์ด้วย สารนี้ประกอบด้วยหน่วยย่อย คือ โมเลกุลของนิวคลีโอไทด์เชื่อมต่อกัน แต่ละหน่วยประกอบด้วย (1) น้ำตาลไรโบส (ดีออกซีไรโบส หรือไรโบส) (2) ฟอสเฟต และ (3) เบส เบสมืออยู่หลายชนิด เช่น Adenine(A), Guanine (G), Cytosine(C) และ Thymine(T) สำหรับ (Uracil U) ซึ่งเป็นเบสแทนที่ T พบเฉพาะใน อาร์เอ็นเอ(RNA) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารพันธุกรรมในไวรัสส่วนใหญ่ นั้นจะไม่กล่าวถึงในบทนี้

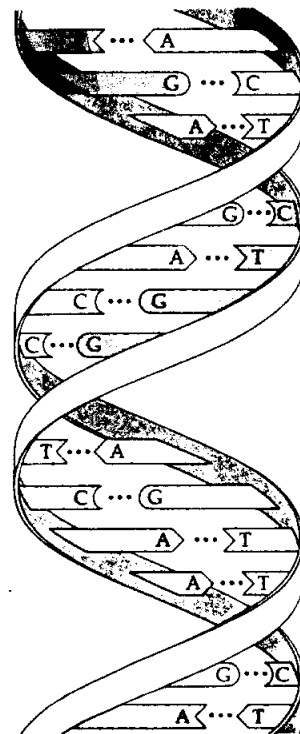
หน่วยควบคุมลักษณะถ่ายทอดทางพันธุกรรม คือ ยีน(gene) ซึ่งก็คือกลุ่มโมเลกุลของนิวคลีโอไทด์ที่เรียงต่อกัน นิยมใช้อักษรย่อของเบสแทนหนึ่งหน่วยนิวคลีโอไทด์ ยีนหนึ่งยีนประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ตั้งแต่ 3 หน่วยขึ้นไป จึงเรียกว่า ทริเพลทโคด (triplet code) ซึ่งเป็นรหัสสากล ทำหน้าที่กำหนดลำดับการเรียงตัวของกรดอะมิโนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด การสลับตำแหน่งของนิวคลีโอไทด์ต่างชนิดกัน จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการสร้าง

รูป 1-7 ภาพจำลองโครงสร้างโมเลกุลของ พอลินิวคลีโอไทด์(DNA) ก. เมื่อเป็นเส้นเดี่ยว(single strand) ข. เมื่อเป็นเส้นคู่เกลียว(double-stranded helices) ให้สังเกตว่า นิวคลีโอไทด์หนึ่งหน่วยประกอบด้วยโมเลกุลของ น้ำตาลเพนโทส ฟอสเฟต และเบส การจับกันเป็นเส้นคู่เกลียวเกิดขึ้นเนื่องจากพันธะไฮโดรเจนระหว่างเบสที่เป็นคู่สม(base pair)

(จาก Villee, et al., 1992)



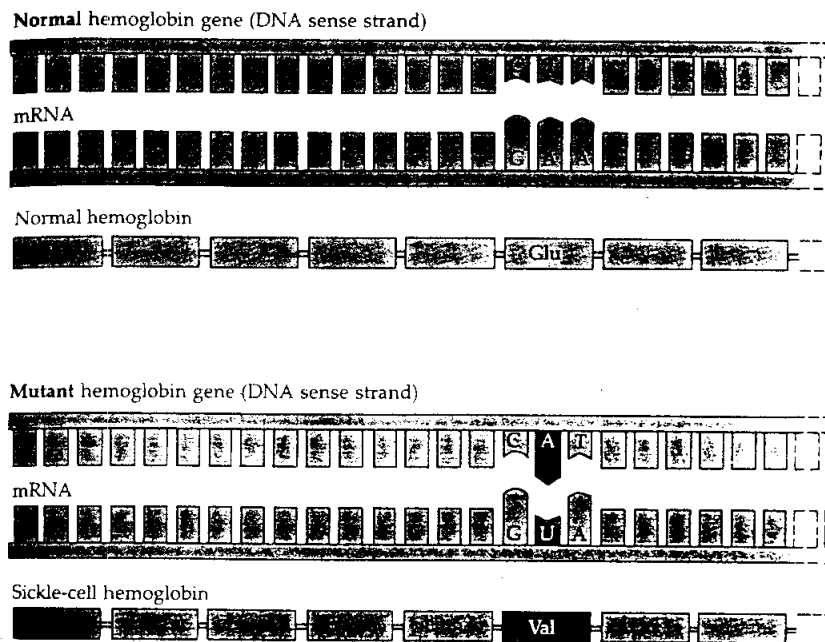
ข.



ชนิดของโปรตีน เช่น กรณี การกลายของยีนที่ควบคุมการสร้างฮีโมโกลบิน* ในสภาพปกติ ลำดับการเรียงตัวของกรดอะมิโนในพอลิเพปไทด์(β chain)เส้นหนึ่งของฮีโมโกลบิน ณ ตำแหน่งที่ 6 คือ glutamine เมื่อมีการกลาย(เนื่องจากความผิดปกติของยีนแบบหนึ่ง) เกิดขึ้น รหัสกำหนดลำดับการเรียงตัวของกรดอะมิโนเปลี่ยนไป กรดอะมิโน ณ ตำแหน่งที่ 6 จึงเปลี่ยนเป็น valine (รูป 1-8) ผลที่ตามมา คือ เม็ดเลือดแดงมีลักษณะบิดเบี้ยว ทำหน้าที่นำออกซิเจนได้น้อยกว่าเม็ดเลือดแดงปกติ เกิดอาการของโรคโลหิตจางที่เรียกว่า sickle-cell anemia

ในกรณีอื่น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดกับยีน โดยเฉพาะยีนที่ควบคุมการสร้างโปรตีนที่เป็นเอนไซม์ ก็ทำให้การสร้างเอนไซม์ต่างชนิดไปจากเดิม เอนไซม์ทำหน้าที่สร้างและควบคุมการทำงานของระบบชีวเคมีของร่างกาย จึงทำให้เกิดลักษณะต่างกันไปได้ การเปลี่ยนแปลงของลักษณะถ่ายทอดทางพันธุกรรมจากเดิมไปที่ละเล็กทีละน้อย หรือค่อนข้างมาก (และสิ่งมีชีวิตนั้นสามารถดำรงชีพ สืบทอดสายพันธุ์ต่อไปได้) ก็เป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดวิวัฒนาการ แต่ละตัว

รูป 1-8 แผนภาพแสดงการกลายของเส้นพอลิเพปไทด์(beta chain)เส้นหนึ่งในจำนวน 4 เส้นของฮีโมโกลบิน ความผิดปกติเกิดขึ้นที่รหัสกำหนดลำดับการเรียงตัวของกรดอะมิโน ณ ตำแหน่งที่ 6 ซึ่งเปลี่ยนจากปกติ glutamine (Glu) มาเป็น valine (Val) (จาก Campbell, 1990)



* ฮีโมโกลบิน ประกอบด้วย α chain และ β chain อย่างละ 2 เส้น ขดเป็นเกลียวสอดก่ายกันโดยมีพันธะอยู่กับ Fe

(หน่วย) ในประชากรของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ย่อมมีความแตกต่างในรายละเอียด เนื่องจากโครโมโซมเส้นหนึ่งมียีนกำหนดลักษณะได้หลายลักษณะ และโครโมโซมแต่ละเส้น ยังมีคู่ซึ่งประกอบด้วยยีนที่เป็น คู่เหมือน(alleles) ทำหน้าที่เสริมหรือถ่วงลักษณะเหล่านั้น และยังอาจมียีนอีกหลายยีนมาทำหน้าที่เสริมหรือถ่วงลักษณะเดียวกันนั้นอีก (เช่น ลักษณะสีของม่านตา ความสูงของมนุษย์) ยังมีจำนวนยีนและโครโมโซมมาก ก็จะทำให้เกิดความหลากหลายในรายละเอียดของแต่ละลักษณะมากขึ้น ผนวกกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ทำให้แต่ละหน่วยของสิ่งมีชีวิตมีความเหมาะสมต่อการมีชีวิตรอดได้ไม่เท่ากัน หน่วยที่มีความเหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมเฉพาะแบบใดแบบหนึ่งจะสามารถมีชีวิตรอดสืบทอดสายพันธุ์ต่อไปได้ หน่วยที่ไม่มีความเหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมเฉพาะดังกล่าวจะตาย (แต่อาจรอดชีวิตในสภาพแวดล้อมอื่น)

1.2.1 ความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตเนื่องมาจากพันธุกรรม เป็นที่ยอมรับกันว่า สิ่งมีชีวิตน่าจะเริ่มมาจากเซลล์เดี่ยวขนาดเล็กที่มี DNA หรือ RNA และสามารถมีชีวิตอย่างง่าย ๆ ได้ด้วยกลไกทางชีวเคมี แล้วสืบพันธุ์ถ่ายทอดลักษณะเหล่านั้นโดยรหัสของ DNA หรือ RNA การสลับตำแหน่งหรือการขาดหายไปของรหัสใน DNA หรือ RNA จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะไปจากเดิม เช่น ประชากรของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในน้ำ สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้โดยคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ภายในเซลล์ ต่อมาสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงมีผลให้เกิดการผันแปรจนถึงขั้นการกลายพันธุ์ จึงทำให้บางเซลล์อาจมีการสร้างเยื่อหุ้มคลอโรฟิลล์จนมีโครงสร้างเป็นคลอโรพลาสต์ แล้วเซลล์นั้นสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดีขึ้น มีชีวิตรอด แล้วสืบพันธุ์ต่อไปได้ จึงมีสิ่งมีชีวิตเพิ่มขึ้นมาอีกในประชากรของสาหร่ายสีเขียว เขียวแกมน้ำเงิน และทำหน้าที่เป็นบรรพบุรุษเริ่มแรกของพวกสาหร่ายสีเขียว การเปลี่ยนแปลงที่ละเอียดละออน้อยเช่นนี้คือ จากสิ่งมีชีวิตเซลล์เดี่ยวอย่างง่ายมาเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดี่ยวที่มีระบบการทำงานซับซ้อนขึ้นดังตัวอย่างในข้อ 1.1.2 มิได้เกิดขึ้นเพียงชั่วข้ามคืน แต่อาจกินเวลานานนับแสนหรือล้านปี การมีวิวัฒนาการมาเป็นสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ จนกระทั่งมาเป็นพืชและสัตว์ที่มีความหลากหลายอยู่ในปัจจุบันก็ใช้เวลายาวนานมากในทำนองเดียวกัน และยังมี การปรับเปลี่ยนถิ่นที่อยู่อาศัยให้เหมาะสม โดยอาจคงอยู่ในน้ำ หรือขึ้นมาอยู่บนบก บางชนิดกลับมีวิวัฒนาการกลับลงไปอยู่ในน้ำอีก เช่นกรณีของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมพวกปลาวาฬ เป็นต้น

1.2.2 การสูญพันธุ์และการกำเนิดพันธุ์ใหม่ สิ่งมีชีวิตในโลกมี การสูญพันธุ์(extinction) และ การกำเนิดพันธุ์ใหม่(new species)อย่างต่อเนื่อง การสูญพันธุ์หมายถึง การสูญเสียนี่เป็นเอกลักษณ์กำหนดลักษณะของสิ่งมีชีวิตชนิดใดชนิดหนึ่ง จนไม่มีสายพันธุ์นั้น แต่การที่จะทราบว่าเกิดปรากฏการณ์เช่นนี้หรือไม่ก็ต้องใช้การศึกษาโดยผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง ตาราง 1-1 เป็นตัวอย่างการสูญพันธุ์ของสัตว์ที่มีผู้บันทึกไว้ในต้นศตวรรษที่ 20 ตั้งแต่แมลงขึ้นมาจากสัตว์

เลี้ยงลูกด้วยนม การสูญพันธุ์เหล่านั้นเกิดขึ้นโดยการกระทำของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ทางตรงคือ มนุษย์ฆ่าสัตว์เพื่อใช้เป็นอาหาร นำผลิตภัณฑ์(หนังสัตว์ ขนนก)มาใช้ประโยชน์ ฆ่าเพื่อเกมกีฬา ฆ่าเพราะคิดว่าเป็นศัตรูทำลายผลผลิตการเกษตร หรือทำลายปลุกสัตว์ของตน โดยทางอ้อมคือ ทำลายถิ่นที่อยู่อาศัย(ทำลายป่า เปลี่ยนทุ่งหญ้าเป็นพื้นที่เกษตรกรรม เปลี่ยนหาดทรายเป็นที่พักผ่อนหรืออยู่อาศัย ฯลฯ) การนำปลุกสัตว์เข้ามาเลี้ยงถือเป็นการนำเอา exotic species เข้ามาสู่ระบบนิเวศ จึงมาแย่งอาหาร สัตว์เลี้ยงอาจทำหน้าที่เป็น ผู้ล่า กินไข่ หรือทำลายรัง สารพิษจากการเกษตรและอุตสาหกรรมตกทอดไปยังสัตว์ป่าเหล่านั้นทั้งทางตรงและถ่ายทอดผ่านทางห่วงโซ่อาหาร ปกติสัตว์ป่าที่มีกำเนิดและถิ่นที่อยู่อาศัยดั้งเดิม ณ ที่ใดที่หนึ่ง เรียกว่า indigenous species จะเป็นสัตว์ที่มีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมและมีชีวิตรอดสืบทอดสายพันธุ์ของตนเป็นอย่างดีมานานนับล้านปีแล้ว และคงรักษาสภาพสมดุลของระบบนิเวศไว้ มนุษย์เป็นผู้ทำลายระบบนิเวศที่เลวทรามที่สุด โดยเฉพาะในช่วงยุคล่าอาณานิคม ต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน จึงทำให้สัตว์ ไม่ว่าจะเป็นแมลง หรือสัตว์ล่าเหยื่อ ย่อมสูญพันธุ์ได้ทั้งสิ้น ถ้าพิจารณาเพียงแมลงซึ่งส่วนใหญ่มีขนาดเล็กและมักไม่มีผู้สนใจบันทึกว่าจะสูญพันธุ์หรือไม่เพียงอย่างเดียว ก็ให้เห็นสัดส่วนความเสียหายที่มนุษย์เป็นต้นเหตุ แมลงมีมากกว่าล้านชนิด ตัวอย่างที่ปรากฏชัดนี้มีเพียงชนิดเดียว จึงเป็นไปได้ว่า นับไม่ถ้วนชนิดสูญพันธุ์ไปโดยไม่มีการบันทึกไว้ ในธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและพื้นผิวโลก ก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สัตว์สูญพันธุ์ได้ ปัจจุบันหลายชนิดมีแนวโน้มว่าใกล้สูญพันธุ์เรียกแต่ละชนิดในกลุ่มนี้ว่า endangered species เช่น นกกระเรียน (crane) ญี่ปุ่น(นกกระเรียนไทยสูญพันธุ์แล้ว) หมิแพนดา(panda)ในจีน เสือไซบีเรีย เสือดาวหิมะ(snow leopard)ในทิเบต นกกีวี(kiwi)ในนิวซีแลนด์ ลีเมอร์(lemur)(สัตว์พวกลิงเริ่มแรก) ในเกาะมาดากัสการ์ ชะนี(gibbon)และเสียงผา(serow)ในประเทศไทย และอีกมากชนิดที่ใกล้สูญพันธุ์ซึ่งกระจายอยู่ตามส่วนต่างๆของโลก นักธรรมชาติวิทยาพยายามณรงค์เพื่ออนุรักษ์สายพันธุ์สัตว์กลุ่มใกล้สูญพันธุ์ไว้ ด้วยการใช้หลากหลายวิธีการ ให้มีความเหมาะสมกับแต่ละชนิด ซึ่งประสบความสำเร็จเพียงบางส่วนเท่านั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่มนุษย์จะต้องช่วยกันอนุรักษ์ความหลากหลายชนิดไว้เพื่อให้สภาพแวดล้อมอยู่ในสภาวะสมดุล ที่ทราบกันโดยทั่วไป คือ ไดโนซอร์ส ได้สูญพันธุ์ไปแล้วเมื่อประมาณ 65 ล้านปี การสูญพันธุ์ของสัตว์ชนิดนี้เกือบจะพร้อมกันทั่วโลก ยังไม่ได้ข้อยุติว่าเกิดจากสาเหตุใด สาเหตุหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์สาขา ปฐพีวิทยา(paleontology) ส่วนมากยอมรับคือ การเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิอากาศฉับพลันและต่อเนื่องมีช่วงเวลานานพอที่จะทำให้ไดโนซอร์ส(ซึ่งเป็นสัตว์เลือดเย็นเช่นเดียวกับพวกสัตว์เลื้อยคลานปัจจุบัน)ตาย การที่เชื่อเช่นนั้น เพราะสัตว์ชนิดนี้เป็นสัตว์เลือดเย็นรูปร่างใหญ่มาก จำเป็นต้องอาบแดดเพื่อให้อุณหภูมิของร่างกายอยู่ในระดับที่จะมีกระบวนการเมแทบอลิซึมตามปกติ(25-35 องศาเซลเซียส) ถ้าเกิดการบดบังของแสงอาทิตย์เป็นเวลานานวัน ก็อาจเป็นสาเหตุของการตายได้

ตาราง 1-1 ตัวอย่างสัตว์ที่สูญพันธุ์เริ่มตั้งแต่ต้นศตวรรษที่ 20

ชนิด	ถิ่นที่อยู่อาศัย/อาหาร	ปี/สาเหตุของการสูญพันธุ์
แมลงกิ้งไม้ Lord Howe Island Stick Insect	ป่าเกาะลอร์ดโฮว์ มหาสมุทรแปซิฟิกใต้/ พืช	1918/ หนูดำที่มากับเรืออับปาง สัตว์เลี้ยงของผู้ตั้งถิ่นฐาน
นกเอี้ยง Lord Howe Island Starling	ป่าเกาะลอร์ดโฮว์ มหาสมุทรแปซิฟิกใต้/ ผลไม้	1925/ นกล่าเหยื่อ สัตว์เลี้ยง (แมว สุนัข) และนกฮูก
ปลา Ash Meadow Killifish	แอ่งน้ำใน Dead Valley, Nevada State/ แพลงตอน สัตว์น้ำขนาดเล็ก	1948/ กุ้งนาง อีางอ่างที่มากับการชลประทาน ดาน้ำธรรมชาติแห้ง
ปลา New Zealand Grayling	ธารน้ำเปิดสู่ทะเลในนิวซีแลนด์/ สาหร่าย	1927/ ถูกกินทั้งโดยปลานำเข้า พวกเทราร์ท แซลมอนและโดยตัวผู้ตั้งถิ่นฐานเอง
ปลา Blackfin Cisco	ทะเลสาปมิชิแกนและฮูรอนในสหรัฐ/ แพลงตอน	1955/ ถูกจับกินมากเกินไป มลพิษ ปลาล่าเหยื่อที่ติดมากับอับเฉาเรือ
กิ้งก่า Jamaican Iguana	ป่าโกงกาง เกาะจาไมก้า ทะเลแคริบเบียน/ พืช	1948/ ถิ่นที่อยู่อาศัยถูกทำลาย โดยผู้ตั้งถิ่นฐาน ถูกกินโดยสัตว์เลี้ยง
ตุ๊กแก Rodriguez Day Gecko	เกาะโรดิเกซ มหาสมุทรอินเดีย/ แมลง	1912/ ป่าถูกทำลาย หนูจากเรืออับปาง นกล่าเหยื่อ
เต่าบก Noborough Giant Tortoise	เกาะในหมู่เกาะกาลาปากอส มหาสมุทรแปซิฟิก/ ทรายบองเพชร	1906/ ไม่ทราบสาเหตุแน่ชัด
เต่าบก Maria's Giant Tortoise	เกาะซีเชลล์ มหาสมุทรอินเดีย/ พืช	1918/ นักเดินเรือฆ่าเป็นอาหาร สงคราม
นกเป็ดน้ำ Atitlan Grebe	พงอ้อ กก ริมทะเลสาปในกัวเตมาลา/ ปลาและสัตว์น้ำขนาดเล็ก	1989/ ถิ่นที่อยู่อาศัยถูกทำลาย
นกแก้ว Laysan Rail	เกาะเลย์ซาน มหาสมุทรแปซิฟิกใต้ / หนอนแมลง	1944/ ถิ่นที่อยู่อาศัยถูกทำลาย โดยผู้เก็บมูลนก หนู สงคราม
นกแก้ว Wake Island Rail	หาดบนเกาะเวค มหาสมุทรแปซิฟิก/ หนอนแมลง	1945/ หาดถูกทำเป็นที่พักผ่อน เนื้อถูกทำเป็นอาหาร หนูกินไข่ สงคราม
นกอีโก้ง Eskimo Curlew	อเมริกาเหนืออพยพไปอเมริกาใต้ / หอยทาก	1990/ ถิ่นที่อยู่อาศัยถูกทำลาย โดยการเกษตร ถูกฆ่าเพื่อการกีฬา สารพิษตกค้าง

นก Hawaiian O-O	ป่าบนเกาะฮาวาย/ พืช ผลไม้	1934/ ผู้ตั้งถิ่นฐานเลี้ยงปศุสัตว์ ถูกฆ่าเป็นอาหาร ขนทำเป็นเครื่องประดับ หนู แมว
นก Canary Island Oyster Catcher	พื้นดินบนเกาะคานารี มหาสมุทรแอตแลนติก/ หอยนางรม	1940/ ผู้ตั้งถิ่นฐานทำลายถิ่นที่อยู่อาศัย การชลประทาน แมว หนู
นกนางนวล Guadalupe Storm Petrel	โพรงในผาสูงเกาะกัวดาลูป ทะเลแคริบเบียน/ ปลา	1911/ ผู้ตั้งถิ่นฐานทำลายป่า แมวกินไข่
นกแก้ว Passenger Pigeon	ป่าอเมริกาเหนือ/ ผลไม้	1914/ ผู้ตั้งถิ่นฐานทำลายป่า ถูกฆ่าเป็นอาหาร
นกแก้ว Bonin Wood Pigeon	ป่าบนเกาะโบนิน มหาสมุทรแปซิฟิก/ พืช ผลไม้	1900/ ป่าถูกทำลาย หนูมากับเรือ อับปางกินไข่
นกแก้ว Carolina Parakeet ¹	เทือกเขาแอปพาลาเชียน อเมริกาเหนือ/ พืช ผลไม้	1918/ ผู้ตั้งถิ่นฐานฆ่าเพราะถือเป็นสัตว์ทำลายพืชผล ขนเป็นเครื่องประดับ ป่าถูกทำลาย
นกโบราณบินไม่ได้ Dodo	ทุ่งหญ้าในเกาะมอริเชียสและเกาะใกล้เคียงในมหาสมุทรอินเดีย/ พืช	1681/ ถิ่นที่อยู่อาศัยถูกทำลาย และถูกฆ่าโดยผู้ตั้งถิ่นฐาน
เหยี่ยว Madagascan Serpent Eagle	เกาะมาดากัสการ์ มหาสมุทรอินเดีย/ หนู สัตว์ขนาดเล็ก	1930/ ชาวพื้นเมืองถือเป็นศัตรูจึงถูกฆ่า ป่าถูกทำลาย
หนู Desert Rat	โพรงทะเลทรายในออสเตรเลีย/ พืช แมลง	1935/ แอบออริจินส์กินเป็นอาหาร ถูกดิงโกและสุนัขจิ้งจอกกิน
หนู Hispanolian Nesophont ²	โพรง พื้นดินเกาะเฮติในทะเลแคริบเบียน/ แมลง	1930/ ปศุสัตว์ แมว สุนัข นำมาโดยผู้ตั้งถิ่นฐาน
หนู Martinique Giant Rice Rat	ต้นมะพร้าวบนเกาะมาร์ตีนิกในทะเลแคริบเบียน/ ผลไม้	1902/ ถิ่นที่อยู่อาศัยถูกทำลาย โดยผู้ตั้งถิ่นฐาน สัตว์เลี้ยง
หนู Bulldog Rat	โพรง พื้นดินเกาะคริสต์มาสในมหาสมุทรอินเดีย/ พืช	1900/ ถิ่นที่อยู่อาศัยถูกทำลาย โดยผู้ตั้งถิ่นฐาน การทำเหมือง หนูอื่นนำโรคติดต่อ
หนู Gilbert's Potoroo	แอ่งน้ำลำธารในออสเตรเลียตะวันตก/ พืช ผลไม้	1990/ ถิ่นที่อยู่อาศัยถูกทำลาย โดยผู้ตั้งถิ่นฐาน สัตว์เลี้ยง ถูกฆ่าเพื่อเป็นอาหาร
ม้า Steppe Tarpan	ทุ่งหญ้าสเตปป์ในรัสเซีย/ หญ้า	1900/ ถูกล่าเป็นอาหาร นำมาผสมกับม้าพันธุ์พื้นเมือง
ม้าลาย Quagga ³ ม้าลาย Burchell's Zebra ³	ทุ่งหญ้าแอฟริกาใต้/ หญ้า ทุ่งหญ้าในเอธิโอเปีย แองโกลา นามิเบีย/ หญ้า	1900/ ถูกแย่งอาหารโดยปศุสัตว์ ผู้ตั้งถิ่นฐานล่าเพื่อเอาหนัง

ควาย Caucasian Bison	ทุ่งหญ้าเทือกเขาคอเคซัสในเอเชียกลาง/ หญ้า	1925/ ถูกแย่งอาหารโดยปศุสัตว์แพร์พันธุ์ชา ถูกคอมมิวนิสต์ฆ่า
คูปรี หรือโคไพร(Bos sauveli)	ทุ่งหญ้าชายป่าในไทยและประเทศใกล้เคียง/ หญ้า	1970?/ ถูกล่าเป็นอาหารและเพื่อเกมกีฬา
ลิง Azuero Spider Monkey	ป่าในปานามา/ พืช ผลไม้	1990/ การทำลายป่า ถูกจับมาเป็นสัตว์ทดลองและสัตว์เลี้ยง
เสือ Arizona Jaguar	โพรง ถ้ำตามหุบเขาในรัฐแอริโซนา/ ปลา สัตว์ขนาดเล็ก	1905/ ผู้ตั้งถิ่นฐานฆ่าเอาหนัง ถือเป็นสัตว์ของปศุสัตว์
เสือ Bali Tiger ⁴	ป่าในเกาะบาหลี อินโดนีเซีย/ สัตว์	1937/ ถูกฆ่าโดยชาวพื้นเมืองและชาวดัตช์
สุนัขป่า Tasmanian Wolf(Thylacine)	ป่าในเกาะแทสเมเนีย ออสเตรเลีย/ สัตว์ขนาดเล็ก	1933/ ถูกฆ่าโดยผู้ตั้งถิ่นฐาน ถือเป็นสัตว์ของปศุสัตว์
สุนัขจิ้งจอก Long Eared Kit Fox	โพรง ทุ่งหญ้าแพรรีในรัฐแคลิฟอร์เนีย/ สัตว์ขนาดเล็ก	1910/ ผู้ตั้งถิ่นฐานฆ่าเพื่อเอาหนัง การเกษตรและชลประทาน
สุนัขจิ้งจอก Falkland Warrah Fox	โพรงชายทะเลเกาะฟอล์คแลนด์/ นก สัตว์ทะเล	1900/ ถูกฆ่าโดยผู้ตั้งถิ่นฐาน โดยถือว่าทำลายสัตว์เลี้ยง หนังทำเสื้อขนสัตว์

- ¹ เป็น indigenous species ของนก parakeet ที่มีอยู่ในอเมริกาเหนือเพียง 2 ตระกูลเท่านั้น ตัวสุดท้ายตายในสวนสัตว์เพราะไม่สามารถผสมพันธุ์ในสภาพถูกกักขัง
- ² หนูจิ้งจอกชนิดหนึ่งในบรรดาหนูอีกกว่า 50 ชนิดที่สูญพันธุ์ไปจากเกาะนี้
- ³ สายพันธุ์หนึ่งในจำนวน 3 สายพันธุ์ของม้าลาย
- ⁴ ขนาดเล็กที่สุดในบรรดาเสือ 8 ตระกูล ซึ่งสูญพันธุ์เหลืออยู่เพียง 5 ตระกูลเท่านั้น และถูกจัดเป็น endangered species ด้วย โดยเฉพาะ Siberian Tiger มีผู้พบตามภูเขาในมองโกเลียบ้าง

สัตว์ที่สูญพันธุ์ตามธรรมชาติด้วยกลไกของวิวัฒนาการที่พบหลักฐานเป็นซากดึกดำบรรพ์ โดยเฉพาะสัตว์ที่เป็นต้นตระกูลของสาขาสายพันธุ์แต่ละชั้น เช่น ปลา coelacanth ซึ่งถือว่าเป็นต้นสายพันธุ์สัตว์ที่จะมีวิวัฒนาการมาเป็น สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ(amphibian) ปลาที่คล้ายปลา coelacanth ที่หลงเหลือมีชีวิตรอดอยู่ในปัจจุบัน คือ ปลา lung fish(*Neoceratodus*) (รูป 1-9 ก.) เป็นที่น่ายินดีที่มีการพบปลา coelacanth(*Latimaria*) ซึ่งเป็นพวก lobe-finned เช่นเดียวกับ lung fish ดึกดำบรรพ์ของชาวประมงชายฝั่งแอฟริกาเมื่อต้นทศวรรษ 1930 จึงมีการค้นหาและพบถิ่นที่อยู่อาศัยของปลาชนิดนี้บริเวณถ้ำลึกชายฝั่งเกาะ Comoro ในมหาสมุทรอินเดีย(รูป 1-9 ข.) สัตว์(รวมถึงพืชด้วย)ที่หลงเหลือมีชีวิตรอดโดยที่สายพันธุ์ใกล้เคียงของตนสูญพันธุ์หมดตั้ง

กล่าวแล้ว ถือว่าเป็น living fossil ตัวอย่างสัตว์อื่นที่สูญพันธุ์แล้ว ได้แก่ สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำที่เป็นต้นตระกูลสัตว์เลื้อยคลาน คือ crossopterygian สัตว์เลื้อยคลานที่เป็น ต้นกระดูกของนก คือ Archaeopteryx (รูป 1-9 ค.) สัตว์เลื้อยคลานที่เป็นต้นกระดูกของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมคือ Lycaenops (รูป 1-9 ง.)

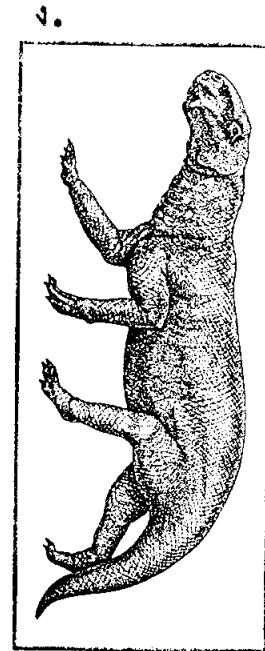
รูป 1-9 ตัวอย่างสัตว์ที่เป็น living fossil และที่สูญพันธุ์แล้ว ก. ภาพถ่ายปลา lung fish (*Neoceratodus*) ที่ยังมีชีวิตอยู่ในปัจจุบัน

ข. ภาพถ่ายปลา coelacanth (*Latimeria*) ที่เก็บรักษาไว้ในพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ (จาก Barrett, et al., 1986)

ค. ภาพถ่ายซากคดของ *Archaeopteryx*

ง. ภาพจำลองซากคดของ *Lycaenops*

(จาก Vilee, et al., 1992)



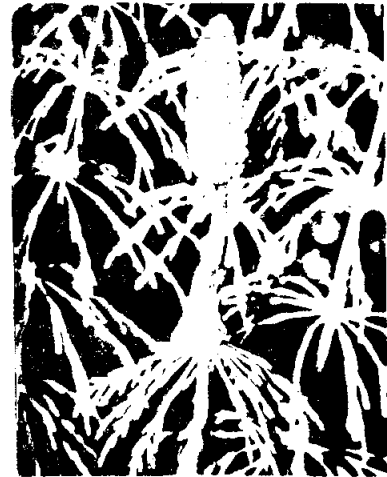
ไม่เพียงแต่สัตว์เท่านั้นที่สูญพันธุ์ไป พืชก็เช่นเดียวกัน เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศหรือทางธรณีวิทยา พืชที่ไม่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงเช่นนั้นก็จะตายไป จะเห็นได้ว่าพืชโบราณที่มีชีวิตอยู่ในยุคเดียวกันกับไดโนซอร์จะสูญพันธุ์จนเกือบหมด เหลืออยู่เพียงไม่กี่ชนิด พวกที่มีขนาดเล็ก เช่น หล้าถอดปล้อง และ สนหางม้า(*equisitum*) (รูป 1-10) พวกที่มีขนาดใหญ่ เช่น แป๊ะก๊วย(*ginkgo*) มะเมื่อย(*gnetum*) และพืชโบราณที่มีวิวัฒนาการมาก่อนพืชพวกสน คือ *giant sequioa*(*Sequoia gigantea*) และ *red wood*(*Sequoia sempervirens*) ทั้งสองชนิดถือเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่และอายุยืนที่สุดในโลก บางต้นมีอายุยืนนานกว่า 3500 ปี ปัจจุบันเหลือมีชีวิตรอดอยู่เพียงสองบริเวณในเขตอุทยานแห่งชาติในรัฐแคลิฟอร์เนียของสหรัฐอเมริกา

รูป 1-10 ภาพถ่ายพืชโบราณที่เหลืออยู่น้อยชนิดในปัจจุบัน ก. *lycopodium* ข. สนหางม้า (จาก Barrett, et al., 1986)

ก.



ข.



ในธรรมชาติ พันธุ์ใหม่เกิดขึ้นได้เสมอ แต่พบเห็นได้ยาก เพราะสิ่งมีชีวิตมีมากชนิด ยกเว้นแต่จะศึกษาและสำรวจอย่างจริงจังเท่านั้น แต่การเกิดพันธุ์ใหม่ที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เพราะนักวิทยาศาสตร์พยายามตั้งใจแสวงหาพันธุ์ใหม่ โดยการผสมและเลือกพันธุ์เพื่อให้ได้ลักษณะที่ต้องการ เช่น มีการตั้งชื่อ กุหลาบ หรือกล้วยไม้พันธุ์ใหม่ๆ ที่เกิดจากการคัดเลือกเอาลักษณะเด่นของพ่อแม่พันธุ์มาผสมกัน ได้ลูกที่มีสีล้นสวยงาม กลิ่นหอม ทนทานต่อโรค ความรู้ที่นักชีววิทยาด้านนี้นำมาพัฒนานั้น เป็นผลมาจากการศึกษาเบื้องต้นด้านพันธุศาสตร์ของ เกรกอร์ เมนเดล(*Gregor Mendel*) ที่ทดลองผสมพันธุ์ถั่ว(*Pisum sativum*) ชนิดที่มีลักษณะ ความสูงเตี้ย และลักษณะของเมล็ดต่างๆ กัน จนได้ข้อสรุปออกมาถึงความจริงของ ลักษณะข่ม ลักษณะด้อย และลักษณะข่มไม่ลง ในแต่ละสายพันธุ์ ซึ่งเป็นกฎเกณฑ์ธรรมชาติอันเนื่องมาจากอิทธิพลของยีนทั้งสิ้น พันธุ์ที่ถูกค้นพบใหม่(*new found species*) มีความหมายต่างจาก พันธุ์ใหม่ พันธุ์ที่

ถูกค้นพบใหม่คือสิ่งมีชีวิตที่สืบทอดสายพันธุ์มานานเท่าใดไม่อาจทราบได้ เนื่องจากไม่เคยมีการสำรวจ หรือสำรวจแล้วไม่พบ มาพบโดยบังเอิญภายหลัง และได้มีการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญในสาขาของสายพันธุ์เหล่านั้นว่า - เป็นพันธุ์ที่ยังไม่เคยพบ และได้รับการตั้งชื่อทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งมีตัวอย่างมาตรฐานไว้ใช้เปรียบเทียบได้ในพิพิธภัณฑ์มาก่อน พันธุ์ที่ถูกค้นพบใหม่ บางครั้งสื่อมวลชนนำมาเผยแพร่โดยใช้ภาษาไม่ถูกต้อง โดยเรียกว่าเป็น พันธุ์ใหม่ จึงทำให้เกิดความสับสน จึงควรระวังและเข้าใจความหมายที่ต่างกันของสองคำนี้ด้วย

1.2.3 การคัดเลือกโดยธรรมชาติ ธรรมชาติในที่นี้ หมายถึงสภาพแวดล้อม ซึ่งก็หมายถึงสภาพแวดล้อมทางชีวภาพ และ สภาพแวดล้อมทางกายภาพ(biological & physical environment) มีบทบาทอย่างสำคัญที่ทำให้เกิดการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง บางครั้งอาจเพียงแต่ภายนอก เช่น การปรับเปลี่ยนสีผิวหนังของจิ้งจกและสัตว์เลื้อยคลานบางชนิด(i.e. camelian)ให้กลมกลืนกับสภาพแวดล้อม จนยากต่อการสังเกตเห็นได้โดยศัตรูที่เป็น ผู้ล่า(predator) สัตว์ชั้นต่ำหลายชนิด โดยเฉพาะสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังพวกแมลง มีความสามารถพิเศษใน การพรางกาย (camouflage) ได้ดี(รูป 1-11) ตึกเตตนกิ้งไม้มีรูปร่างและสีกลมกลืนกับลักษณะของกิ่งไม้ที่เป็นถิ่นที่อยู่อาศัยทำให้ทั้งเหยื่อและสัตว์รุมองไม่เห็น จึงสะดวกต่อการจับเหยื่อพวกแมลงและรอดจากการถูกล่าโดยสัตว์เลื้อยคลานและนกมาจับกิน การเลียนแบบ(mimicry) เป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่ช่วยให้มีชีวิตรอด เช่น ลักษณะปรากฏของผีเสื้อ swallow tail(Papilio damanus) มีถิ่นที่อยู่อาศัยกระจายอยู่หลายบริเวณในทวีปแอฟริกา มีลักษณะคล้ายคลึงกับลักษณะจริงของผีเสื้อชนิดอื่นที่มีรสขม(รูป 1-12) ปกติผีเสื้อ swallow tail มีรสชาติเป็นที่ชื่นชอบของสัตว์เลื้อยคลานและนก ตัวที่มีลักษณะปรากฏคล้ายผีเสื้อที่มีรสขมจึงไม่ถูกกิน การที่ผีเสื้อ swallow tail บางตัวมีลักษณะต่างจากลักษณะทั่วไปของตนในหมู่ประชากรทั้งหมดเป็นผลเนื่องมาจากการผันแปร (variation) ซึ่งเป็นปรากฏการปกติในหมู่ประชากรของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด บางตัวที่มีลักษณะผันแปรนี้จะมีชีวิตรอดได้ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมกระชั้นหัน เช่นกรณีที่มีลักษณะเลียนแบบผีเสื้อที่มีรสขมเมื่อฝูงนกหรือสัตว์เลื้อยคลานผ่านมาจึงไม่ถูกกิน ในทางตรงกันข้าม ถ้าการผันแปรไปมีลักษณะเลียนแบบผีเสื้อชนิดอื่นที่มีรสดีชนิดอื่นซึ่งเป็นที่ชื่นชอบของนก การผันแปรนั้นก็นำไปสู่ความตายหมดโอกาสที่จะสืบทอดสายพันธุ์ต่อไป ลักษณะที่ผันแปรจากลักษณะรวมส่วนใหญ่ของหมู่ประชากรอาจมีได้หลายลักษณะและมีความเหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมที่เฉพาะแบบใดแบบหนึ่งนี้เป็นการคัดเลือกตามธรรมชาติแบบที่เรียกว่า disruptive selection การปรับเปลี่ยนหลายรูปแบบดังกล่าวโดยทั่วไปเป็นผลเนื่องมาจากยีนด้อยหรือกลุ่มของยีนที่ทำงานร่วมกันในการกำหนดลักษณะใดลักษณะหนึ่งซึ่งเป็นกลไกอย่างหนึ่งของวิวัฒนาการ นำไปสู่การมีสายพันธุ์(race) สิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถปรับตัวเข้ากับธรรมชาติเพื่อการมีชีวิตรอดอยู่ได้ก็จะตาย หรือบางครั้งอาจสูญพันธุ์ไป ดังกรณีของไดโนซอร์ส รวมถึงสิ่งมีชีวิตอื่นอีกมากชนิด สิ่งมีชีวิตที่มีชีวิต

นักธรรมชาติวิทยาที่ได้รับการยกย่องว่าเป็นบิดาแห่งทฤษฎีวิวัฒนาการ คือ ชาลส์ ดาร์วิน (1809-1882 A.D.) เขาได้เดินทางไปสำรวจสิ่งมีชีวิตในแอฟริกาและอเมริกาใต้ การเดินทางครั้งสำคัญเกิดขึ้นเมื่อเขาได้เดินทางไปสำรวจหมู่เกาะ กาลาปากอส(Galapagos) ในมหาสมุทรแปซิฟิก ซึ่งหมู่เกาะนี้อยู่ห่างจากชายฝั่งตะวันตกของประเทศ อีเควดอร์ ถึง 960 กิโลเมตร เขาสังเกตว่า สิ่งมีชีวิตในหมู่เกาะนี้มีความคล้ายคลึงกับที่อยู่บนแผ่นดินใหญ่ของอเมริกาใต้ แต่ค่อนข้างจะต่างออกไปจาก กลุ่มสิ่งมีชีวิต(community) เดียวกันที่อยู่ในแอฟริกา เขาได้ให้ความสนใจสัตว์พวกนกและสัตว์เลี้ยงลูกเป็นพิเศษ และพบว่า สัตว์ทั้งสองพวกนี้ในเกาะแต่ละเกาะของหมู่เกาะกาลาปากอสก็มีความต่างกันด้วย จากข้อมูลนี้และทฤษฎีอื่นๆ ของนักวิทยาศาสตร์หลายท่าน เช่น มัลทัส(Malthus) เดอ ฟรีส์ (de Vries) ไวส์มานน์(Weismann) ทำให้เขาได้แกัดคิดว่า กลไกต่างๆ ตามธรรมชาติ ผสานกับลักษณะถ่ายทอดทางพันธุกรรม ทำให้เกิดการคัดเลือกตามธรรมชาติ(natural selection) ขึ้นในสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ และสิ่งมีชีวิตจำเป็นต้องปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเพื่อให้มีชีวิตรอดท่ามกลางธรรมชาติแวดล้อมของสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น กล่าวโดยสรุปคือ (1) สิ่งมีชีวิตทุกชนิดมักมีการเพิ่มจำนวนให้มากเกินไปจนจะมีจำนวนที่จะรอดชีวิตถึงขั้นผสมพันธุ์ได้ (2) มีการผันแปรเกิดขึ้นในชั้นลูกหลาน ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของยีนเพื่อการถ่ายทอดทางกรรมพันธุ์ (3) มี การแก่งแย่ง(competition) เพื่อชิงอาหารและที่อยู่อาศัยที่มีอยู่จำกัด (4) สิ่งมีชีวิตที่ผันผ่าอุปสรรคต่างๆ และเหมาะที่จะมีชีวิตรอดอยู่ได้ จะเป็นตัวถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเหล่านั้นไปยังลูกหลาน

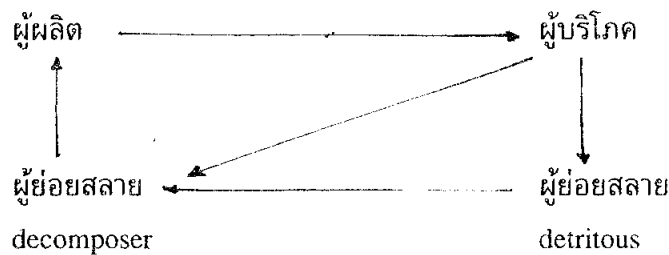
การคัดเลือกตามธรรมชาติที่เห็นเป็นรูปธรรมในปัจจุบัน คือ การผสมพันธุ์ และคัดเลือกพันธุ์พืช และพันธุ์สัตว์ที่มีคุณภาพเหมาะสมตามความต้องการของมนุษย์ เช่น เกษตรกรที่ปลูกข้าวหอมมะลิพันธุ์ ก.ข. ซึ่งให้ผลผลิตสูง เนื้อข้าวคุณภาพดี แต่ธรรมชาติก็เป็นตัวควบคุมโดยมีเพลี้ยกระโดดมาดูดน้ำเลี้ยงลำต้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องดปลูกข้าวพันธุ์นี้สักกระยะหนึ่งเพื่อบังคับให้ประชากรของเพลี้ยกระโดดลดลง โดยปลูกพันธุ์อื่นที่ทนทานต่อเพลี้ยกระโดดแทน

1.3 สภาพแวดล้อมทางชีวภาพที่มีผลต่อวิวัฒนาการและการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิต

ใน ถิ่นที่อยู่อาศัย(habitat) แห่งใดแห่งหนึ่ง ย่อมจะต้องมีสิ่งมีชีวิตหลายชนิดอาศัยอยู่ร่วมกัน สิ่งมีชีวิตหลายชนิดเหล่านี้ มีความสัมพันธ์กันในเชิงอาหาร การแก่งแย่ง การช่วยเหลือเกื้อกูลกัน(mutualism) ฯลฯ ถ้ายกเอาสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งเป็นหลัก สิ่งมีชีวิตชนิดอื่นก็เป็นสภาพแวดล้อมทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตหลักนั้น เช่น ในแปลงนาข้าวของเกษตรกรที่ปลูกข้าวตามธรรมชาติ โดยไม่ใช้ยาฆ่าแมลง หรือยาปราบวัชพืช จะพบว่ามีสิ่งมีชีวิตมากชนิด พวกพืชได้แก่ ข้าว ผักแว่น ผักเป็ด ผักปอด สันตวา ผักบุง ผักพังพวย หญ้าชนิดต่างๆ พวกสัตว์ก็มี แมลงปอ เพลี้ยกระโดด แมลงเต่าทอง ตั๊กแตน กบ เขียด คางคก ปลาชนิดต่างๆ ฯลฯ ถ้านำปลาชนิดหนึ่ง

เช่น ปลาเป็นหลักในการศึกษา ทั้งสัตว์และพืชอื่นๆ ในแปลงนาข้าวแห่งนั้นก็คือสภาพแวดล้อมทางชีวภาพของปลานิล

1.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในเชิงอาหาร อาหารเป็นหนึ่งในปัจจัย 4 ของมนุษย์ และก็เช่นเดียวกัน ย่อมจะต้องเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งของสัตว์ด้วย สิ่งมีชีวิตในโลกแบ่งเป็นสองกลุ่มใหญ่ คือ พวกที่สร้างอาหารได้(autotroph) และ พวกที่สร้างอาหารเองไม่ได้(heterotroph) จำเป็นต้องกินอาหารเข้าไป พวกที่สร้างอาหารเองได้ คือ สิ่งมีชีวิตที่มีคลอโรฟิลล์ เริ่มตั้งแต่พวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ขึ้นมาจนถึงพืชชนิดต่างๆ พวกที่สร้างอาหารเองไม่ได้ ได้แก่พวกแบคทีเรีย ฟังไจ และสัตว์ทุกชนิด พวกที่ทำหน้าที่สร้างอาหารเองได้เรียกว่า ผู้ผลิต(producer) พวกที่สร้างอาหารเองไม่ได้ต้องกินอาหารเข้าไปจึงจัดเป็นพวก ผู้บริโภค(consumer) ทั้งสองกลุ่มมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน กล่าวคือ ผู้ผลิตสร้างสารอาหารจากวัตถุดิบที่เป็นแร่ธาตุต่างๆ โดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ผู้บริโภคมากินอาหารเหล่านี้เข้าไป เป็นการถ่ายทอดพลังงานที่มีอยู่ในสารอาหารจากผู้ผลิต ไปสู่ผู้บริโภค ซึ่งมีหลายขั้นตอน จะกล่าวถึงต่อไป ของเสียจากผู้บริโภค หรือเมื่อผู้บริโภคตายลงจะถูกแปรเปลี่ยนเป็นสารประกอบอนินทรีย์อย่างง่ายและแร่ธาตุต่างๆ โดยผ่านทางพวก ผู้ย่อยสลาย(decomposer) สองกลุ่ม คือ detritous (มด ปลวก ไส้เดือน) และ decomposer (แบคทีเรีย ฟังไจ) ทำให้ผู้ผลิตสามารถนำแร่ธาตุจากการย่อยสลายเหล่านี้ไปสังเคราะห์ขึ้นใหม่ วนเวียนเป็นวัฏจักรที่สมดุล



ผู้บริโภคระดับแรก (primary consumer) คือ สิ่งมีชีวิตที่กินพืช(herbivore) ได้แก่ กลุ่มของโปรโตซัวที่กินสาหร่าย ขึ้นมาจนถึงสัตว์กินพืชเป็นอาหารหลักชนิดต่าง ๆ เช่น กระต่าย ปศุสัตว์ หมูแพนด้า เกาลา(koala) ฯลฯ ผู้บริโภคระดับที่สอง(secondary consumer) คือ พวกสัตว์กินเนื้อ(carnivore) ได้แก่ สุนัข แมว เลื้อ สิ้งหีโต ฯลฯ ผู้บริโภคตั้งแต่ระดับที่สอง ระดับที่สาม หรือ ผู้บริโภคขั้นสุด(top consumer) มักเป็นพวกที่ กินทั้งพืชและสัตว์(omnivore) ได้แก่ หมู สุนัข มนุษย์ ฯลฯ โดยทั่วไปผู้บริโภคขั้นสุด มักจะได้แก่พวกสัตว์กินเนื้อ หรือพวกกินทั้งพืชและสัตว์ ซึ่งจำเป็นจะต้องศึกษารายละเอียดในแต่ละระบบนิเวศว่าจะเป็นสัตว์ชนิดใด

1.3.2 การอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน ดังได้กล่าวแล้วว่า ในถิ่นที่อยู่อาศัยแห่งหนึ่ง หรือในระบบนิเวศแห่งหนึ่ง มีสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิดอาศัยอยู่ร่วมกัน นอกจากจะมีความสัมพันธ์กันในเชิงอาหารแล้ว ยังมีความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่นอีก คือ

ผู้ล่า และ ผู้ถูกล่า (prey) เช่น ผู้ล่าพวกแมว ชอบไล่จับผู้ถูกล่า เช่น จิ้งจก นก และสัตว์เล็กอื่นเป็นอาหาร

การแก่งแย่ง เกิดขึ้นได้ทั้งในพืชและสัตว์ และเกิดขึ้นทั้งในชนิดเดียวกันและต่างชนิดกัน เช่น ถ้าปลูกต้นสักให้ระยะห่างแต่ละต้นประมาณ 5 เมตรจะทำให้ต้นสักทรงยอดขึ้น เพราะพืชแก่งแย่งกันรับแสงจากดวงอาทิตย์ จะได้ไม้ที่มีคุณภาพดีไม่มีตาจากการแตกแขนงด้านข้างมาก สุนัขที่เลี้ยงไว้ในบ้านจะเป็นเพื่อนเล่นกันแต่เมื่อเวลาให้อาหารจะขูและแย่งอาหารจากตัวอื่นเสมอ ชีตาห์ (cheetah) และสิงห์โต เมื่อออกล่าเหยื่อ เช่น กวาง ในบริเวณเดียวกัน ชีตาห์วิ่งเร็วกว่าอาจสามารถจับกวางได้ก่อน แต่โอกาสที่จะได้น้ำจากกวางที่ล่าได้มีน้อย เพราะสิงห์โตใหญ่กว่าและแข็งแรงกว่ามักจะมาแย่งเอากวางที่ถูกล่าไปโดยไม่ต้องออกแรงเลย

การอยู่ร่วมกัน (symbiosis) แบ่งออกได้หลายประเภท เช่น (1) การช่วยเหลือเกื้อกูลกัน หรือ การพึ่งพา (mutualism) สิ่งที่มีชีวิตทั้ง 2 ชนิดให้ประโยชน์ซึ่งกันและกัน เช่น แพลเจลเลทสกุล *Trichonympha* อาศัยอยู่ในลำไส้ปลวก ได้ประโยชน์จากปลวกที่จัดหาเนื้อไม้ให้ และปลวกก็ได้รับประโยชน์จากแพลเจลเลทที่ช่วยย่อยเนื้อไม้ให้ปลวกใช้เป็นอาหารได้ (ปลวกเองไม่มีเอนไซม์ย่อยเนื้อไม้) มดดำคาบเพลี้ย (aphids) คาบเพลี้ยมาปล่อยไว้บริเวณก้นและใบอ่อนของพืชเพื่อให้เพลี้ยดูดอาหารจากพืช มดดำได้ประโยชน์จากเพลี้ยโดยดูดกินสิ่งขับถ่ายจากเพลี้ย ตัวต่อ (wasp) มากินเพลี้ย ตัวต่อก็ให้ประโยชน์กับพืชโดยการช่วยลดจำนวนเพลี้ยให้น้อยลง ผึ้งแมลงภู่ และแมลงประเภทดูดน้ำหวานจากดอกไม้ชนิดอื่น ได้ประโยชน์จากพืช ขณะเดียวกันก็ให้ประโยชน์กับพืชโดยการพาเกสรเพศผู้ติดหมวดสัมผัสและขาจากดอกหนึ่งไปยังดอกอื่น เป็นการช่วยให้พืชติดผลได้ดีขึ้น นกฮัมมิงเบิร์ดและนกดูดน้ำหวานชนิดอื่นก็มีความสัมพันธ์กับพืชในลักษณะพึ่งพาในทำนองเดียวกันกับพวกแมลง นก ค้างคาว กระรอก ลิงรวมถึงสัตว์กินผลไม้ชนิดอื่น ได้อาหารจากพืช ขณะเดียวกันก็ให้ประโยชน์กับพืชโดยการถ่ายมูลที่มีเมล็ดพืช หรือขูดรูฝังเมล็ดพืชไว้เป็นเสบียง เมล็ดพืชจึงถูกนำไปแพร่กระจายออกไปที่ต่างๆ ที่ไกลออกไปจากถิ่นที่อยู่เดิม (2) commensalism ฝ่ายหนึ่งได้ประโยชน์อีกฝ่ายหนึ่งอาจได้หรือไม่ได้ประโยชน์ แต่ก็ไม่เสียผลประโยชน์ เช่น ปลาการ์ตูนที่อาศัยอยู่รอบๆ หมวดของดอกไม้ทะเล (sea anemone) บริเวณแนวปะการัง ได้อาศัยดอกไม้ทะเลเป็นที่หลบภัย ดอกไม้ทะเลก็ไม่เสียผลประโยชน์แต่อย่างใด

การอยู่ร่วมกันแบบ ปรสิต (parasitism) คือ ฝ่ายหนึ่งได้รับประโยชน์อีกฝ่ายหนึ่งเสียผลประโยชน์ เช่น พยาธิใบไม้ตับแย่งอาหารจากมนุษย์แล้วยังก่อให้เกิดโรคแทรกซ้อนอย่างอื่น เช่น

ดีซ่าน มะเร็งของตับ จนอาจทำให้เสียชีวิตได้ กาฝากแทงรากเข้าไปในกิ่งก้านของพืช(เช่นกาฝากบนต้นมะม่วง) ดูดอาหารจากต้นพืชนานหลายปีจนในที่สุดพืชถึงขั้นขาดอาหารตาย แต่กาฝากมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพากับนกกาฝากและนกกินปลี ทั้งสองชนิดมากินผลกาฝากและนำมาเลี้ยงไปถ่ายพร้อมมูลลงบนต้นพืชอื่น เป็นการช่วยแพร่กระจายกาฝากให้มีชีวิตรอดต่อไปได้

การอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตทั้งที่เป็นชนิดเดียวกันและต่างชนิดกัน และมีความสัมพันธ์กันในหลายรูปแบบดังกล่าวข้างต้น เป็นผลให้สิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ปรับตัวเพื่ออยู่รอดได้ในธรรมชาติบ้าง ตายไปบ้าง สูญพันธุ์ไปบ้าง เกิดพันธุ์ใหม่ขึ้นมาบ้าง ซึ่งเป็นกลไกของการเกิดวิวัฒนาการมาสู่ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต(diversity of life) บทบาททางชีวภาพบางอย่าง ยังมีส่วนช่วยเสริมการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตนอกเหนือไปจากบทบาทของสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัด คือ สัตว์ตระกูลกวางชอบกินผลมะขามป้อมเป็นอาหารเสริม เมื่อกวางเดินทางหากินหญ้าและใบพืชอื่นไปในป่าหรือทุ่งหญ้าก็จะถ่ายมูลที่มีเมล็ดมะขามป้อมที่พร้อมต่อการงอกออกมาด้วย ทำให้ช่วยในการแพร่กระจายพืชชนิดนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์และพืชในแง่ของการแพร่กระจายที่ได้รับการศึกษาค้นคว้าแล้วมีอีกมาก ดังตัวอย่างที่น่าเสนอไว้พอสังเขป ตัวอย่างอื่นจะสามารถหาอ่านได้ในบทความทางธรรมชาติทั่วไป

1.4 สภาพแวดล้อมทางกายภาพที่มีผลต่อวิวัฒนาการและการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิต

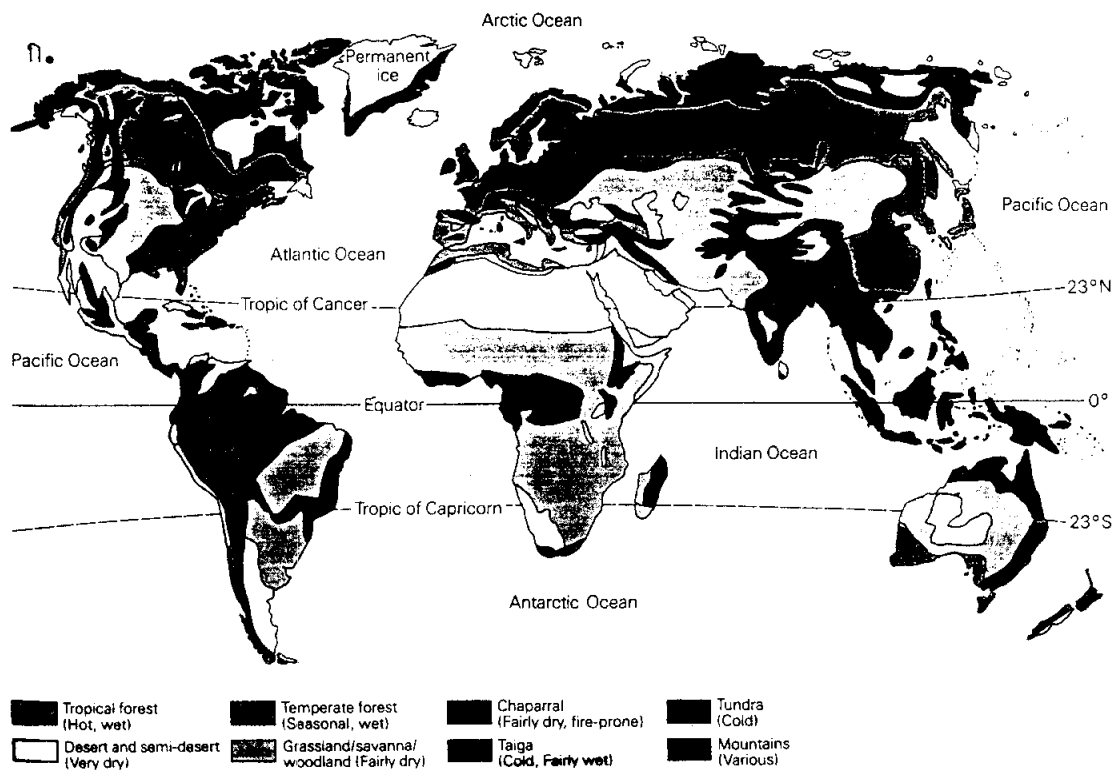
ไม่เพียงยีนและสภาพแวดล้อมทางชีวภาพเท่านั้นที่มีผลต่อวิวัฒนาการ สภาพแวดล้อมทางกายภาพก็มีบทบาทสำคัญต่อวิวัฒนาการและการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตด้วย สภาพแวดล้อมทางกายภาพ ได้แก่ แสง อุณหภูมิ ความชื้น pH ความเค็ม และอีกหลายปัจจัย รวมถึงการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาบนพื้นผิวโลกด้วย ในที่นี้จะช้ตัวอย่างเพียงอุณหภูมิ ความชื้น และการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวโลกเท่านั้น

1.4.1 อุณหภูมิและความชื้น เป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดลักษณะ ชีวนิเวศ หรือ ไบโอม (biome)* ซึ่งหมายถึงระบบนิเวศขนาดใหญ่ที่มีลักษณะ ภูมิอากาศ ดิน พืช และสัตว์ คล้ายคลึงกัน กระจายอยู่ตามส่วนต่างๆ บนพื้นผิวโลก โดยมีได้ถือการแบ่งทางภูมิศาสตร์เป็นเกณฑ์ เช่น ไบโอมเขตทะเลทรายสามารถพบได้ทั้งเหนือและใต้ของเขตรอบขั้วโลก(ทางภูมิศาสตร์) ไบโอมเขตทุ่งหญ้าพบได้ในเขตศูนย์สูตร(ทางภูมิศาสตร์) ทั้งในแอฟริกาและอเมริกาใต้ แทนที่จะพบเพียงไบโอมแบบเขตร้อนชื้นเพียงอย่างเดียว เนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นเป็นปัจจัยกำหนดชนิดการเจริญและการแพร่กระจายของพืชจึงพบไบโอมแบบต่างๆ กระจายอยู่บนพื้นโลก ทั้งทางแนวราบ(จากขั้วโลกเหนือสู่ขั้วโลกใต้) และแนวตั้ง(จากระดับน้ำทะเลสู่ยอดเขา) (รูป 1-13) พืช

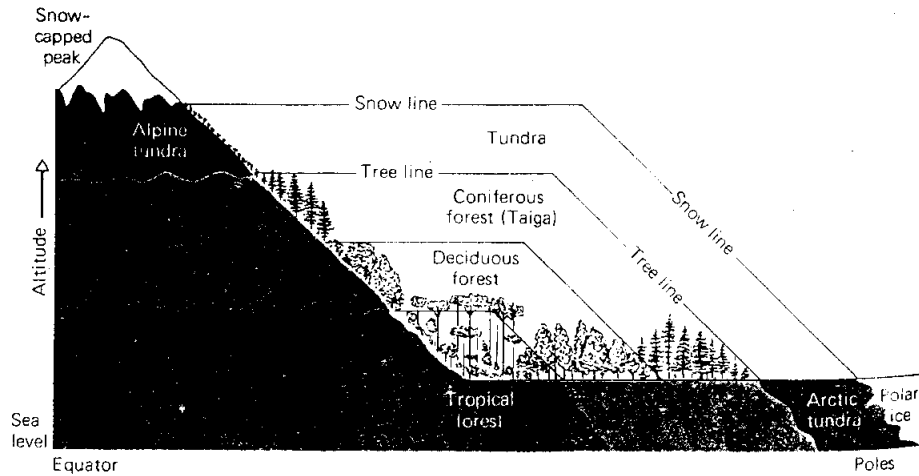
* ศึกษารายละเอียดไบโอมรูปแบบต่างๆได้จากบทที่ 2 และตำรา BI 103, BI 115(H)

แต่ละชนิดจะมีวิวัฒนาการนานนับล้านปีที่จะปรับตัวให้อยู่รอดในไบโอมเฉพาะของตน เช่น ทรายของเพชรนาพาพันธุ์ มีวิวัฒนาการอยู่รอดได้ในไบโอมเขตทะเลทราย ที่มีความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนสูง และทนทานต่อสภาพความชื้นต่ำโดยไบโอมวิวัฒนาการมาเป็นหนาม ลำต้นวิวัฒนาการมาทำการสังเคราะห์ด้วยแสง แดมยังมีร่องหรือหลุมเพื่อดักหรือเก็บกักความชื้นไว้ให้ได้มากที่สุดอีกด้วย สัตว์ก็เช่นเดียวกัน ต้องมีวิวัฒนาการให้อยู่รอดได้ เช่น กระต่ายป่าแจ๊คเรบิท ทำรังโดยขุดโพรงอยู่ใต้ดินเพื่อหลบเลี่ยงความร้อนของทะเลทราย จะออกมาหากินเฉพาะเวลากลางคืนโดยกินผลของทรายของเพชร และช่วยทำหน้าที่แพร่กระจายเมล็ดของทรายของเพชร โดยถ่ายมูลไว้ในที่ต่างๆ สุนัขจิ้งจอกมากินกระต่ายเป็นอาหารเป็นการควบคุมประชากรของกระต่าย มิฉะนั้นจะทำให้ทรายของเพชรซึ่งเจริญข้ามเขตไปจากทะเลทราย จะเห็นได้ว่า ไบโอมในเขตทะเลทรายสามารถรักษาสภาวะสมดุลไว้ได้นานนับล้านปีด้วยกลไกทางธรรมชาติ ไบโอมแบบอื่นๆ ก็มีสมดุลตามธรรมชาติของตน ในทำนองเดียวกัน การแพร่กระจายทั้งของพืชและสัตว์จึงสัมพันธ์อยู่กับภูมิอากาศ รวมถึงความสัมพันธ์กันเอง ตัวอย่างเกี่ยวกับเรื่องนี้มีมาก นักศึกษาสามารถศึกษาเพิ่มเติมจากภาพยนตร์สารคดี และบทความที่เกี่ยวกับธรรมชาติที่เผยแพร่ตามสื่อต่างๆ ได้

รูป 1-13 แผนภาพการแพร่กระจายของไบโอมแบบต่างๆ ในส่วนต่างๆ ของโลก ก. ตามแนวราบ (จาก Villee, et al., 1992) ข. ตามแนวตั้ง (จาก Arms & Camp, 1988)



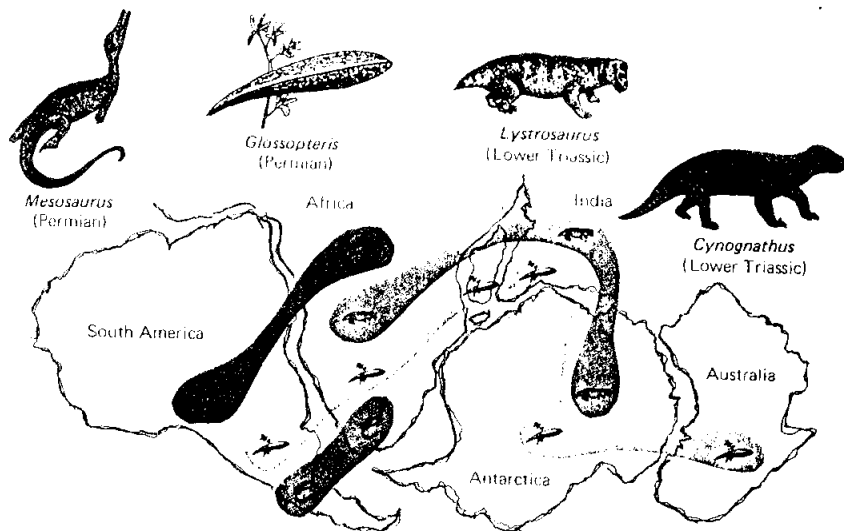
รูป 1-13 ข.



1.4.2 การเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวโลก นับตั้งแต่ปี 1915 ที่ อัลเฟรด เวเกเนอร์(Alfred Wegener) เสนอทฤษฎีการเคลื่อนที่ของภาคพื้นทวีป(continental drift) ได้มีการศึกษาทางธรณีวิทยา และมีหลักฐานสนับสนุนการเคลื่อนที่โดยทฤษฎีที่ว่า ทวีปหลักตั้งอยู่บนพื้นโลกที่แข็งตัว เรียกว่า เพลทเทกทอนิกส์(plate tectonics) เพลทเหล่านี้เชื่อมต่อกัน ทำให้ทวีปทั้งหมดเชื่อมต่อกันเรียกว่า แพนเกีย(pangaea) ในปลายสมัย เพอร์เมียน(Permian) ประมาณ 250 ล้านปีมาแล้ว(รูป 1-14) พืชและสัตว์ในสมัยนั้นแพร่กระจายติดต่อกันได้ แพนเกียค่อยๆ ถูกดันแยกออกจากกันด้วยแรงดันมหาศาลจากส่วนในของโลกที่ปะทุออกมาตามแนวรอยต่อของเพลท ทำให้เพลทที่เป็นที่ตั้งของทวีป อเมริกาใต้ แอฟริกา แอนตาร์กติกา ออสเตรเลีย แยกออกจากกัน โดยมีอินเดียแยกออกจากแอฟริกา มาชนกับยูเรเชียเพลท(ทำให้เกิดเทือกเขาหิมาลัย) เกิดเป็นทวีปต่างๆ ดังปัจจุบัน เมื่อประมาณ 180 ล้านปีมาแล้ว ซึ่งอยู่ในช่วงสมัย จิวแรสสิก(Jurassic) การแยกของเพลทและการยกตัวของเพลทจากใต้มหาสมุทรจนโผล่ขึ้นมาเป็นแผ่นดินหรือทวีปมีหลักฐานทางธรณีวิทยาสันับสนุนมาก ทั้งจากการนับอายุชั้นหินที่มีความเก่าแก่ต่อเนื่องจากชั้นล่างขึ้นมาสู่ชั้นบนแล้ว ยังมีหลักฐานซากคดของสัตว์ทะเลที่พบมีอายุใกล้เคียงกันในแต่ละชั้นหินดังกล่าวสอดคล้องกันด้วย เช่น การพบซากคดหอยทะเลโบราณ ammonite (ถือเป็นบรรพบุรุษของหอยวงช้างในปัจจุบัน) ในชั้นหินใกล้ยอดเขาในเทือกเขาหิมาลัย การพบซากคดของสัตว์ทะเลต่างไฟลัมในชั้นหินต่างอายุ(รูป 1-15 ก. ข. และ ค.) ทำให้ทราบว่า สิ่งมีชีวิตเริ่มต้นมาจากทะเลแล้วมีวิวัฒนาการขึ้นมาอาศัยอยู่บนบก ไม่เพียงแต่สัตว์ ยังมีการพบซากคดของพืชพวกเฟิร์น(รูป 1-15 ง.) ซึ่งเป็นพืชโบราณในชั้นหินสมัย Cambrian ด้วย ทำให้ทราบได้ว่า

เงื่อนไขวิวัฒนาการของพืชจากสาหร่ายในทะเลมาสู่พืชชั้นต่ำ ตั้งแต่ มอส ลิเวอร์เวิร์ท และเฟิร์น ในสมัยจูแรสสิกนั้น พืชเด่นคือ พืชพวกสนและปรง สัตว์เด่นคือ พวกไดโนซอรัส การที่พืชและสัตว์ถูกแยกจากกันโดยมีมหาสมุทรเป็นเครื่องกีดขวางทำให้มีวิวัฒนาการต่อไป เพื่อให้มีความเหมาะสมต่อการรอดชีวิตของภูมิอากาศที่ต่างไปจากเดิม ทวีปที่มีการแข่งขันมาก มีผู้ล่ามาก ก็จะมีวิวัฒนาการสู่ความหลากหลายของชนิดมาก เช่น ลิงโลกเก่า(เอเชีย แอฟริกา และยุโรป) ทางม้วนงอยยึดจับกิ่งไม้ไม่ได้ มีวิวัฒนาการสูงกว่าลิงโลกใหม่(อเมริกา) ที่ทางม้วนงอยช่วยยึดเกาะกิ่งไม้ และอาศัยอยู่บนต้นไม้เท่านั้น ความหลากหลายของชนิดและชีวนิเวศของโลกเก่าที่เป็นผืนทวีปใหญ่ติดต่อกัน มีการแข่งขันแก่งแย่งสูง มีผู้ล่ามากชนิด ทำให้สัตว์ต้องมีวิวัฒนาการเพื่อการอยู่รอดมากขึ้นโดยเฉพาะกลุ่มของลิงโลกเก่าที่อาศัยอยู่บนต้นไม้หรือบนพื้นดิน บางชนิดทางหอดสันจนถึงขั้นมีวิวัฒนาการมาเป็นมนุษย์ โดยเริ่มต้นจาก *Australopithecus afarensis* เมื่อประมาณ 4 ล้านปีมาแล้ว (รูป 1-16) แล้วสืบทอดสายพันธุ์กระจายสู่ทุกทวีปมาจนถึงปัจจุบัน สัตว์อื่นก็มีวิวัฒนาการของตน มากบ้างน้อยบ้าง ขึ้นอยู่กับลักษณะของสัตว์แต่ละชนิดว่า มีรูปร่างการดำรงชีวิตเหมาะสมต่อการอยู่รอดมากหรือน้อยเพียงใด

รูป 1-14 แผนภาพการแพร่กระจายซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์และพืชใน 4 ทวีป ขณะที่ยังรวมกันเป็นแผ่นเดียวกันที่เรียกว่า pangaea เมื่อประมาณ 250 ล้านปีมาแล้ว ให้สังเกตว่าซากดึกดำบรรพ์ของพืชพวกสนสกุล *Glossopteris* พบได้ทั้ง 4 ทวีป ชื่อในวงเล็บใต้ภาพจำลองซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์และพืชคือ สมัยชั้นหินที่พบซากดึกดำบรรพ์เหล่านั้น ช่วงอายุความเก่าแก่ของแต่ละสมัยดูจากตาราง 1-2 (จาก Villet, et al., 1992)



รูป 1-15 ภาพถ่ายซากคดของสัตว์และพืชที่พบในชั้นหินสมัยต่างๆในแต่ละทวีป ก. ซากคดของสัตว์คล้ายแมงกะพรุนพบในชั้นหินทรายอายุ 650 ล้านปี ในทวีปออสเตรเลีย ข. ซากคดของหนอนทะเล(polychaete) ในชั้นหินชนวนอายุ 590 ล้านปี ในรัฐบริติชโคลัมเบีย ประเทศแคนาดา ซึ่งเป็นแหล่งที่มีความหลากหลายชนิดของซากคดมากที่สุดแห่งหนึ่งของโลก (จาก Campbell, 1990)

ค. ซากคดสัตว์ขาปล้อง(arthropods) ชนิด trilobite ในชั้นหินอายุ ล้านปีในรัฐแอริโซนา ง. ซากคดใบเฟิร์นในชั้นหินอายุ 350 ล้านปีใน petrified forest รัฐแอริโซนา (จาก Vilee, et al., 1992)

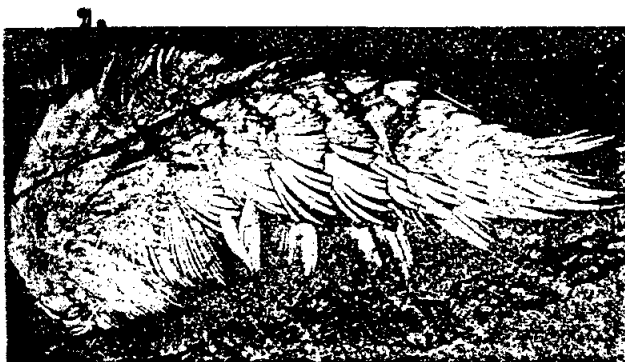
ค.



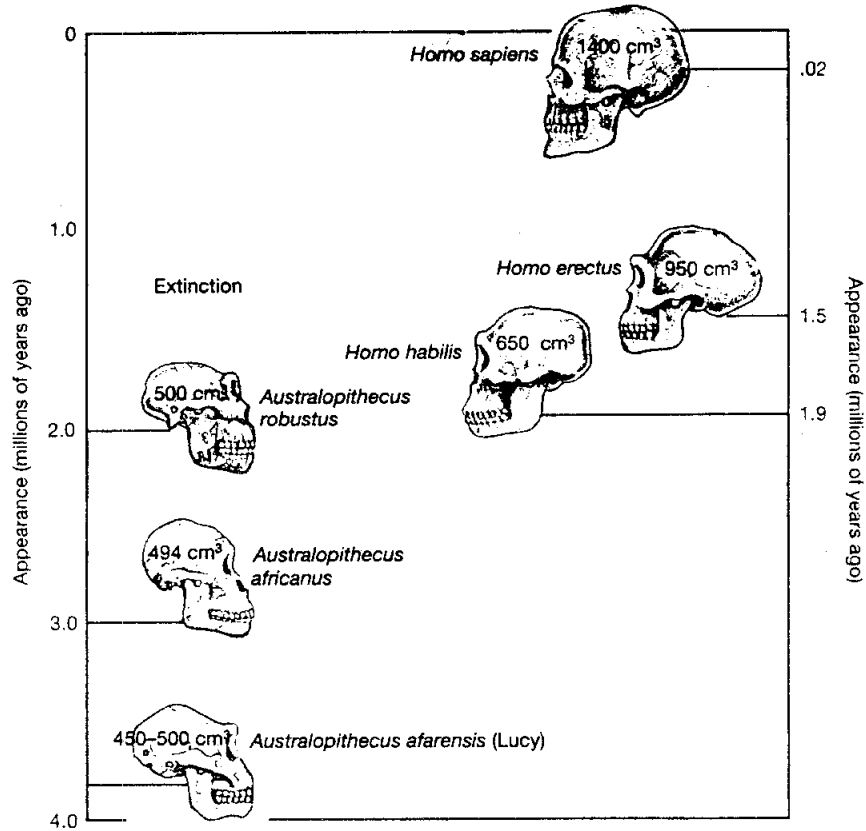
ก.



ง.



รูป 1-16 แผนภาพวิวัฒนาการของมนุษย์โดยมีบรรพบุรุษมาจากลิง(ape) *Australopithecus afarensis* (จาก Solomon, et al., 1993)



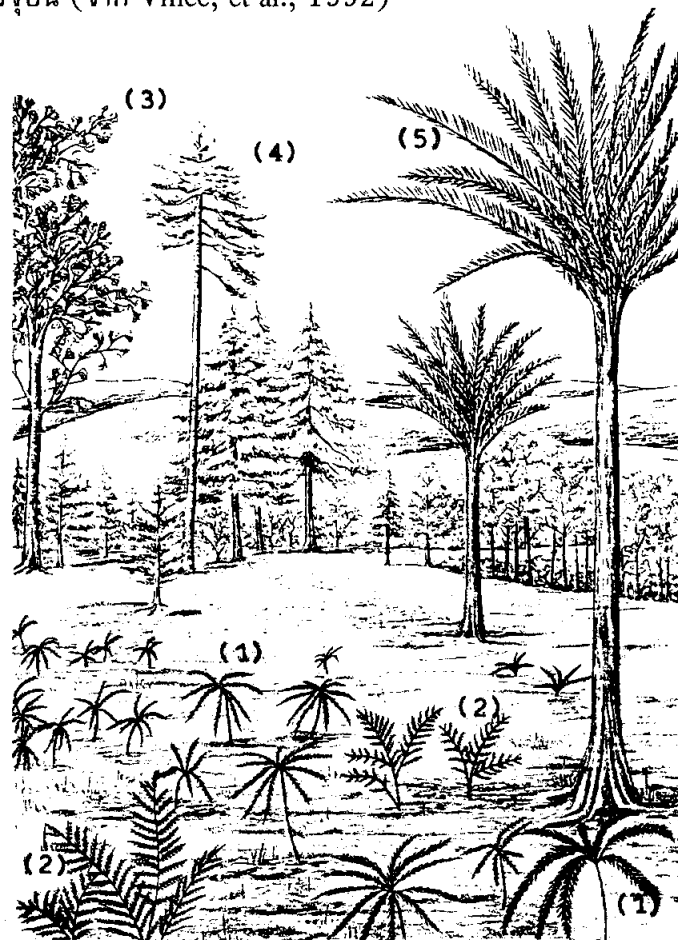
1.5 ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของพืชและสัตว์

การที่จะทราบถึงความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการระหว่างพืชและสัตว์นั้น จำเป็นต้องทราบหลักการเบื้องต้นในการจำแนกสิ่งมีชีวิตว่า สิ่งใดคือพืชและสัตว์ และมีการจัดหมวดหมู่ใหญ่ๆ อย่างไรบ้าง

พวกพืช คือพวกที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้ และมีหลายเซลล์ เริ่มตั้งแต่พวกพืชชั้นต่ำที่ยังไม่มีระบบรากใบและลำต้นที่แท้จริง เช่น มอส ลิเวอร์เวิร์ท จนมีวิวัฒนาการมาถึงพืชดอกชั้นสูงที่มีระบบท่อลำเลียงและมีระบบสืบพันธุ์ที่ซับซ้อนมากขึ้นที่สามารถพบเห็นได้เป็นจำนวนมากในปัจจุบัน พวกสัตว์ก็เช่นเดียวกัน เริ่มตั้งแต่สัตว์ที่มีระบบง่ายที่สุด คือ พวกฟองน้ำ แมงกะพรุน ปะการัง และวิวัฒนาการเรื่อยมาจนถึงสัตว์ชั้นสูงและมนุษย์(ควรอ่านการจำแนกพืชและสัตว์ในตำราชีววิทยา BI 115 ประกอบด้วย)

พืชและสัตว์ในแต่ละสมัยของวิวัฒนาการมีความสัมพันธ์กันในเชิงอาหารและเชิงอื่นดังกล่าวข้างต้นอยู่เสมอ เพื่อให้เกิดจินตภาพ ควรสังเกตชนิดของพืชและสัตว์เด่นในแต่ละสมัยในตารางที่ 1-2 และศึกษาตัวอย่างชนิดของพืชในมหายุค Mesozoic ซึ่งตรงกับยุคไดโนซอร์ครองโลก(รูป 1-17)

รูป 1-17 ภาพจำลองตัวอย่างพืชชนิดเด่นในมหายุค Mesozoic ซึ่งเป็นยุคที่ไดโนซอร์ครองโลก พืชชั้นล่างได้แก่ เฟิร์นสกุล *Matonium*(1) เฟิร์นลักษณะนี้บางชนิดยังคงหลงเหลือสืบทอดสายพันธุ์มาจนถึงปัจจุบัน พบในป่าประเทศมาเลเซีย สกุล *Onychiopsis*(2) สูญพันธุ์หมดแล้ว พืชยืนต้นได้แก่ แป๊ะก๊วย(3) ปัจจุบันเหลือเพียงชนิดเดียวคือ *Ginkgo biloba* ในประเทศจีนและญี่ปุ่น พืชทรงฉัตรคือ พวกสน(conifer) สกุล *Sphaenolopidium*(4) ซึ่งถือเป็นพืชเด่นสุดของยุคนั้นและเป็นพวก Gymnosperms ที่มีจำนวนชนิดสืบทอดมาถึงปัจจุบันมากที่สุด พืชทรงปาล์มคือ พวกปรง(cycads) สกุล *Williamsonia*(5) สูญพันธุ์แล้ว ปรงบางชนิดยังสืบทอดสายพันธุ์มาจนถึงปัจจุบัน (จาก Villee, et al., 1992)



ตาราง 1-2 วิวัฒนาการของพืชและสัตว์ที่สำคัญในแต่ละสมัยของวิวัฒนาการซึ่งรวบรวมมาจากการศึกษาซากดึกดำบรรพ์

มหายุค (Era)	สมัย (Period/Epoch)	เวลาเริ่มจากมีสิ่งมีชีวิตถึงปัจจุบัน (ล้านปี)	พืช	สัตว์
ซีโนโซอิก (Cenozoic)	Neogene/ Recent	0.01	พืชให้เนื้อไม้ลดลง	เริ่มประวัติศาสตร์ ยุคน้ำแข็ง มนุษย์วานร
	Pleistocene	1.8-	พืชล้มลุกมากขึ้น	
	Pliocene	5.-	ความหลากหลายของพืชดอก	ความหลากหลาย
	Miocene	24-		สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมกำเนิดของวานร
	Paleogene/ Oligocene	38-		ความหลากหลาย
	Eocene	54-	เริ่มมีพืชพวกหญ้า	ของนก แมลงผสมเกสร
	Paleocene	65-		
เมโซโซอิก (Mesozoic) ยุคของ สัตว์เลื้อยคลาน	Cretaceous	144-	เริ่มมีพืชดอก พืชพวกสนลดลง	ไดโนซอร์สูญพันธุ์แล้ว สัตว์เลื้อยคลานเริ่มมีนกสมัยใหม่ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมโบราณ
	Jurassic	213-	พืชพวกสน	ไดโนซอร์ขนาดใหญ่ เริ่มมีนกโบราณ พวกตัวกินมด พวกมีอุ้งหน้าท้อง-
	Triassic	248	พืชพวกสนเป็นพืชเด่น	เริ่มพบไดโนซอร์ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่ออกลูกเป็นไข่ (platypus)
เพาลีโอโซอิก (Paleozoic) ยุคของสิ่งมีชีวิตโบราณ	Permian	248-286	สนและปรง	แมลงสัตว์เลื้อยคลานคล้ายสัตว์
	Carboniferous	286-360		เลี้ยงลูกด้วยนม สัตว์เลื้อยคลาน
	Devonian	360-408	เฟิร์น สนหางม้า	สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ ปลา ไทรโลไบต์

	Silurian Ordovician Cambrian	408-438 438-505 505-590	มอส ลิเวอร์เวิร์ท สาหร่าย	(trilobite) สัตว์มีระยางค์ สัตว์ ไม่มีกระดูกสันหลัง
พรีแคมเบรียน (Precambrian)	Edicarian	590-700		สัตว์ไม่มีกระดูกสัน หลังหลายเซลล์ ลำ ตัวอ่อนนุ่ม
	Proterozoic Archean	699-3400 3399-4600	กำเนิดของสิ่งมีชีวิต	โพรแคริโอท โปรติสท์

จากตารางจะเห็นได้ว่าพืชตระกูลสนมีมากในปลายมหายุคเมโซซอิก และไดโนซอรัสก็ยังมีอยู่ด้วยการกินพืชเหล่านี้ มีบางชนิดที่ยังชีพอยู่ด้วยการกินสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมโบราณซึ่งก็มีวิวัฒนาการมาจากสัตว์เลื้อยคลานโบราณเช่นกัน เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลกอย่างกระทันหัน จึงทำให้ไดโนซอรัสสูญพันธุ์ไปพร้อมกันเมื่อประมาณ 65 ล้านปีมาแล้ว ดังได้กล่าวถึงในข้อ 1.2.2

สรุป

แม้ในปัจจุบันจะยังไม่ทราบว่าสิ่งมีชีวิตแรกเริ่มเกิดขึ้นได้อย่างไร แต่ก็เป็นที่ยอมรับกันว่าน่าจะเกิดขึ้นมาจากการรวมกันของสารพวก น้ำ มีเทน แอมโมเนีย ซึ่งสารเหล่านี้เป็นองค์ประกอบอย่างง่ายของกรดอะมิโนที่พบได้ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เมื่อมีการศึกษาสิ่งมีชีวิตมากขึ้นพบว่า สารที่กำหนดลักษณะการถ่ายทอดทางพันธุกรรม และทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการเมแทบอลิซึม คือ กรดนิวคลีอิก ซึ่งมี 2 ชนิด คือ DNA และ RNA ลำดับการเรียงตัวของนิวคลีโอไทด์ หรือรหัสพันธุกรรม มีบทบาทสำคัญในการกำหนดกิจกรรมต่างๆ ของเซลล์ ซึ่งมีผลทำให้เกิดลักษณะต่างๆ กันออกไป กลางอีกนัยหนึ่ง คือ ยีน ที่กำหนดลักษณะถ่ายทอดต่างๆ นั้น คือ กลุ่มของการเรียงตัวของนิวคลีโอไทด์ การสลับที่ของโมเลกุลของนิวคลีโอไทด์ มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะถ่ายทอดทางพันธุกรรม ทำให้เกิดลักษณะใหม่ พันธุ์ใหม่ หรืออาจสูญพันธุ์ได้ การเปลี่ยนแปลงที่ละเอียดละออน้อย ประกอบกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติมีส่วนช่วยคัดเลือกให้สิ่งมีชีวิตบางชนิดอยู่รอด บางชนิดสูญพันธุ์ ทำให้มีวิวัฒนาการ และมีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตมากขึ้น เมื่อสิ่งมีชีวิตจำเป็นที่จะต้องอยู่ในถิ่นที่อยู่อาศัยเดียวกัน ก็ย่อมจะต้องมีความสัมพันธ์กันทั้งในเชิงอาหาร การแก่งแย่ง การเกื้อกูล การเอาใจเอาเปรียบอยู่ตลอดเวลา ซึ่งเป็นแรงผลักดันให้เกิดการดิ้นรนเพื่อมีชีวิตรอด และมีวิวัฒนาการต่อไป สภาพแวดล้อมทางชีวภาพและทางกายภาพจะเป็นสิ่งกำหนดให้สิ่งมีชีวิตใดสิ่งชนิดหนึ่งมีการแพร่กระจายไปอยู่ในส่วนต่างๆ ของโลก

แบบฝึกหัดบทที่ 1

I จงเติมศัพท์เทคนิคลงในช่องว่างให้ได้ข้อความถูกต้องสมบูรณ์

1. แนวโน้มที่สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีความคล้ายคลึงพ่อแม่ของสิ่งมีชีวิตนั้นเรียกว่า
2. การเปลี่ยนแปลงลำดับการเรียงตัวของ ในกรดนิวคลีอิกทำให้..... เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมีผลทำให้ได้ลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไป
3. การ นับว่ามีบทบาทสำคัญที่ทำงานไปพร้อมกันกับการเปลี่ยนแปลงของ จึงมีผลให้เกิดวิวัฒนาการขึ้น
4. ผู้ผลิตส่วนมากมีคุณสมบัติที่จะ ได้
5. ผีเสื้อที่ดำรงอยู่ตามกิ่งไม้หรือในโพรงไม้มีความสัมพันธ์แบบ กับต้นไม้

II จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องมากที่สุด

1. การทดลองของ Urey & Miller เป็นแรงบันดาลใจมาจากสมมติฐานกำเนิดของสิ่งมีชีวิตเสนอโดยผู้ใด
 1. Oparin & Margulis
 2. Fox & Oparin
 3. Oparin & Haldane
 4. Oparin & Darwin
2. clay particle มีบทบาทอย่างไรในเรื่องเกี่ยวกับกำเนิดของสิ่งมีชีวิต
 1. polymerization ของโมโมเมอร์
 2. เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์มีชีวิตเริ่มแรก
 3. ช่วยกระบวนการสังเคราะห์เคมี
 4. สร้างก้อน stromatolites
3. รูปแบบใดเป็นรูปแบบของโปรตีนอยด์ที่รวมกันเป็นโปรโทไบออนท์
 1. microsphere
 2. liposome
 3. coacervate
 4. ถูกทุกข้อ
4. ไวรัสที่มีสารพันธุกรรมเป็น RNA ได้แก่ชนิดใด
 1. tobacco mosaic virus
 2. influenza virus
 3. HIV virus
 4. ถูกทุกข้อ
5. โพรแคริโอทที่เป็นแหล่งกำเนิดออกซิเจนให้แก่โลกมาตั้งแต่มีวิวัฒนาการจากสิ่งมีชีวิตเริ่มแรกมาเป็นเซลล์ และยังสามารถสืบสายพันธุ์มาจนถึงปัจจุบันได้แก่กลุ่มใด
 1. virus
 2. cyanobacteria
 3. eubacteria
 4. protists
6. ตามทฤษฎี endosymbiotic เชื่อว่าออร์แกเนลล์ใดมีต้นกำเนิดมาจากเยื่อหุ้มเซลล์
 1. คลอโรพลาสต์
 2. ไมโทคอนเดรีย

3. นิวเคลียส
4. ทุกเซลล์ออร์แกเนลล์
7. ตามทฤษฎี endosymbiotic เชื่อว่าแฟลเจลลาและซิเลียมีต้นกำเนิดมาจากอะไร
1. เยื่อหุ้มเซลล์
2. ซูโดพอดีย
3. เส้นใยค้ำจุนโครงสร้างของเซลล์
4. ไมโทราบแนชต์
8. ข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูกในเรื่องเกี่ยวกับคุณสมบัติของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด
1. มีการจัดรูปร่างที่เฉพาะเจาะจงยกเว้นไวรัส
2. มีสารพันธุกรรมที่สามารถถ่ายทอดลักษณะเฉพาะของสายพันธุ์
3. มีออร์แกเนลล์สำหรับกระบวนการเมแทบอลิซึม
4. มีการเจริญและมีโครงสร้างสืบพันธุ์
9. การมีเยื่อหุ้มเซลล์เป็นบทบาทหนึ่งของสิ่งมีชีวิตที่จะปกป้องโครงสร้างภายในต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมภายนอก รวมถึงเป็นการควบคุมการเข้า-ออกของสารด้วย สิ่งที่มาช่วยเสริมหน้าที่ดังกล่าวมีอะไรอีกบ้าง
1. เปลือกหุ้มเซลล์
2. ผนังเซลล์หรือผนังซิสท์
3. วุ้นหรือเมือก
4. ถูกทุกข้อ
10. ข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูกในเรื่องเกี่ยวกับสารพันธุกรรม
1. เป็นสารประกอบ DNA หรือ RNA ขึ้นอยู่กับชนิดของสิ่งมีชีวิต
2. ต้องมีอย่างน้อยหนึ่งยีนอยู่บนเส้นโครโมโซมอย่างน้อยหนึ่งเส้น
3. ต้องประกอบด้วย triplet code อย่างน้อย 3 หน่วยขึ้นไป
4. ถูกหมดทุกข้อ
11. โรคที่เกิดจากความผิดปกติของยีนอันเนื่องมาจากการกลายได้แก่โรคใด
1. leukemia
2. hemophilia
3. sickle-cell anemia
4. ถูกทุกข้อ
12. ข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูกในเรื่องเกี่ยวกับวิวัฒนาการ
1. เป็นกลไกที่เกิดจากการกลาย ก็ได้พันธุ์ใหม่ในชั่วรุ่นถัดไป
2. เป็นกลไกที่เกิดจากความผิดปกติสารพันธุกรรม และการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมกระทันหัน
3. เป็นกลไกที่เกิดจากความแตกต่างลักษณะของยีนผสมกับการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมโดยใช้เวลานานนับล้านปี
4. เป็นกลไกที่กำหนดโดยพระเจ้าที่ควบคุมสรรพสิ่งทั้งหลายทั้งปวงให้มีความหลากหลายและเป็นไปเช่นนั้น

13. สาเหตุของการสูญพันธุ์ (รวมถึงพืชด้วย) ในศตวรรษที่ 20 เกิดจากอะไร
1. การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ
 2. การเปลี่ยนแปลงพื้นผิวโลก
 3. การกระทำของมนุษย์
 4. ทุกข้อรวมกัน
14. สัตว์ (รวมถึงพืชด้วย) ที่สูญพันธุ์หมดแล้วได้แก่ชนิดใด
1. sequoia
 2. coelacanth
 3. dodo
 4. ถูกทุกข้อ
15. พืชและสัตว์ที่ถือว่าเป็น living fossil ได้แก่ชนิดใด
1. equisetum
 2. Equus sp.
 3. elasmobranch
 4. ephemeropteran
16. สัตว์ชนิดใดที่เข้าข่ายความหมายของคำว่า endangered species
1. pandanus
 2. panda
 3. pangolin
 4. ถูกทุกข้อ
17. ข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูกในเรื่องเกี่ยวกับทฤษฎี plate tectonic
1. pangaea เป็น land mass ของสี่ทวีปเชื่อมต่อกันเมื่อประมาณ 250 ล้านปีมาแล้ว
 2. ทฤษฎีนี้สนับสนุนด้วยหลักฐาน fossil พืชและสัตว์ชนิดเดียวกันในทุกทวีป
 3. fossil ของพืชและสัตว์ในทวีปอเมริกาเหนือเหมือนกับที่พบในทวีปอเมริกาใต้
 4. ถูกทุกข้อ
18. กลไกใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับการมีชีวิตรอดในสภาพแวดล้อมที่เต็มไปด้วย species diversity
1. competition
 2. camouflage
 3. mimicry
 4. ถูกทุกข้อ
19. ปัจจัยใดที่เกี่ยวข้องกับการแพร่กระจายพันธุ์พืช
1. การดูดน้ำหวานของแมลงและสัตว์กินน้ำหวานจากดอกไม้ชนิดอื่น
 2. สัตว์กินผลไม้เป็นอาหารหลัก
 3. เมล็ดหรือผลมีโครงสร้างพิเศษสำหรับเกาะเกี่ยวหรือช่วยให้ลอยตามลม
 4. ถูกทุกข้อ
20. การแพร่กระจายประชากรสัตว์รวมถึงการอพยพด้วยขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง
1. อาหารขาดแคลนบางฤดูกาล
 2. อุณหภูมิเหมาะสมตลอดปี
 3. การรวมฝูง
 4. ถูกทุกข้อ

เอกสารอ้างอิง

- Arms, Karen** and Pamela **S. Camp** **Biology: A Journey into Life** W.B. Saunders Co., 1988.
- Barrett, James M., et al., **Biology** Prentice-Hall, Englewood Clift, N.J., 1986.
- Cambell, Neil A.** **Biology 2nd** edit. **Benjamin/Cumming Publishing Co. Inc., 1990.**
- Solomon, Elda Pearl, et al. **Biology 3rd** edit. Saunders College Publishing, 1993.
- Villee, Claude A., et al. **Biology 2nd** edit. Saunders College Publishing, Philadelphia, 1992.